sigma

الفصل الثانى

التأثير المغناطيسى للتيار الكهربى

فصل ٢ التأثير المغناطيسي للتيار الكهربي

المجال المغناطيسي

المنطقة المحيطة بالمغناطيس في جميع الإتجاهات وتظهر فيه آثاره المغناطيسية.

* يتكون المجال المغناطيسي من خطوط فيض تخرج من القطب الشمالي وتدخل القطب الجنوبي. وهي خطوط لا تتقاطع. تتزاحم قرب القطبين الشمالي والجنوبي للمغناطيس.

كثافة الفيض المغناطيسي B

الفيض المغناطيسي لوحدة المساحات العمودية على خطوط الفيض المحيطة بنقطة.

$$B = \frac{\phi_m}{A}$$

$$\therefore \phi_m = BA\sin\theta$$

حيث θ الزاوية المحصورة بين خطوط الفيض والمساحة.

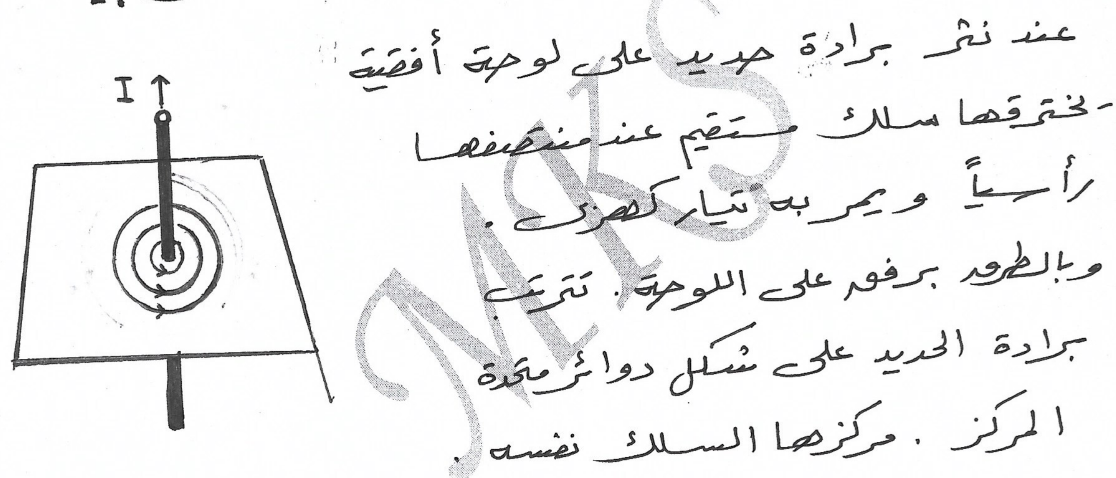
* عندما تكون خطوط الفيض موازية للمساحة $\theta = 0$ $(\phi_m = 0)$

* وحدة قياس الفيض المغناطيسي - الويبر - Wb
* وحدة قياس كثافة الفيض B هي التسلا T وتكافئ $\frac{Wb}{m^2}$

• إكتشف العالم هانز أورستد مصادفة أن للتيار الكهربي تأثير ومجال مغناطيسي. مستدلاً على ذلك بوضع بوصلة فوق سلك يمر به تيار كهربي وموازية له. فلاحظ إنحراف إبرة البوصلة.

أولاً: المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربي في سلك مستقيم.

← شكل خطوط الفيض المغناطيسي حول السلك :-



عند نثر برادة حديد على لوحة أفقية يخترقها سلك مستقيم عند منتصفها رأسياً ويمر به تيار كهربي. وبالطرق برفق على اللوحة. تترتب برادة الحديد على شكل دوائر متحدة المركز. مركزها السلك نفسه.

← خواص المجال للسلك :-

١- تتزاحم خطوط الفيض المغناطيسي بالقرب من السلك وتتباعد كلما بعدت عن محور السلك. $B \propto \frac{1}{d}$

٢- مستوى الحلقات يكون عمودياً على السلك.

٣- يزداد تزاحمها كلما زادت شدة التيار $B \propto I$

إستنتاج كثافة الفيض المغناطيسي.

$\because B \propto I$

$B \propto \frac{1}{d}$

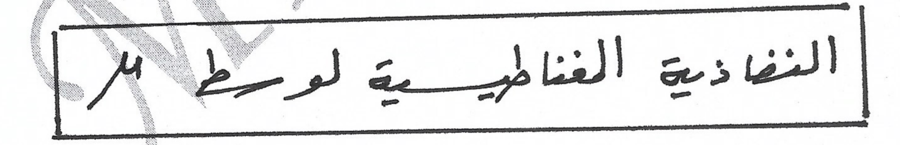
$\therefore B \propto \frac{I}{d} \rightarrow \therefore B = \text{Const} \times \frac{I}{d}$

$\therefore B = \frac{\mu I}{2\pi d}$ «قانون أمبير الدائري»

حيث / μ النفاذية المغناطيسية للوسط $\mu = \frac{B\,2\pi d}{I}$

* وتقاس بوحدة $T.m/A$ وتكافئ $(wb/A.m)$

← μ في الهواء $4\pi \times 10^{-7}$ $\therefore$ ← $B = \frac{2 \times 10^{-7} I}{d}$



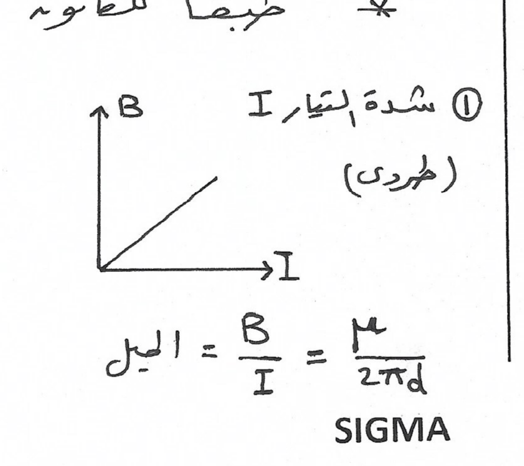
النفاذية المغناطيسية لوسط μ

قابلية الوسط لنفاذ الفيض المغناطيسي خلاله.

← العوامل التي تتوقف عليها كثافة الفيض المغناطيسي لسلك مستقيم

* طبقاً للقانون $B = \frac{\mu I}{2\pi d}$

① شدة التيار I (طردي)



الميل $= \frac{B}{I} = \frac{\mu}{2\pi d}$

② معامل النفاذية μ «طردي»

(B, μ)

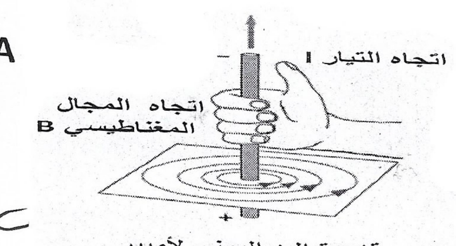
الميل $= \frac{B}{\mu} = \frac{I}{2\pi d}$

③ بعد النقطة عن محور السلك «عكسي»

(B, $\frac{1}{d}$)

الميل $= Bd = \frac{\mu I}{2\pi}$





قاعدة اليد اليمنى لأمبير

* تستخدم في تحديد اتجاه خطوط الفيض المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربي في سلك مستقيم.

"عند القبض باليد اليمنى على السلك بحيث يشير الإبهام لاتجاه التيار فإن اتجاه التفاف باقي الأصابع يشير لاتجاه الفيض المغناطيسي"

ينصح ببناء المساكن بعيداً عن أبراج الضغط الكهربي العالي

لتقليل تأثير المجال المغناطيسي الضار على الصحة لأن كثافة الفيض المغناطيسي تقل بزيادة البعد عن مصدر التيار $B \propto \frac{1}{d}$

محصلة كثافة الفيض لسلكين متوازيين

التياران في اتجاه واحد

* عند نقطة بين السلكين
(اتجاه المجالين ← إتجاهين متضادين)

$B_t = B_1 - B_2 \quad (B_1 - B_2)$

* عند نقطة خارج السلكين
(المجالان في نفس الإتجاه)

$B_t = B_1 + B_2$

* عند نقطة التعادل (بين السلكين)

$B_1 = B_2$

$\frac{I_1}{d_1} = \frac{I_2}{d_2}$

التياران في اتجاهين متضادين

* عند نقطة بين السلكين
(المجالان في نفس الإتجاه)

$B_t = B_1 + B_2$

* عند نقطة خارج السلكين
(المجالان في اتجاهين متضادين)

$B_t = B_1 - B_2 \quad (B_1 > B_2)$

* عند نقطة التعادل (خارج السلكين)

$B_1 = B_2$

$\frac{I_1}{} = \frac{I_2}{}$

① علل : تقع نقطة التعادل لسلكين متوازيين يمر بهما تيار كهربي في نفس الإتجاه بين السلكين.

- لتولد مجالين مغناطيسيين متضادين عند أي نقطة بين السلكين فتتكون نقطة التعادل بين السلكين عندما يلاشي تأثير كل منهما تأثير الآخر.

---

② علل : تقع نقطة التعادل لسلكين متوازيين يمر بهما تيار كهربي في اتجاهين متضادين خارج السلكين.

- لتولد مجالين مغناطيسيين متضادين عند أي نقطة خارج السلكين فتتكون نقطة التعادل خارج السلكين عندما يلاشي تأثير كل منهما تأثير الآخر.

---

③ علل : ينصح ببناء المساكن بعيداً عن أبراج الضغط العالي.

- لتقليل تأثير المجال المغناطيسي الضار على الصحة والبيئة. لأن كثافة الفيض المغناطيسي B تتناسب عكسياً مع البعد عن السلك d $[B \propto \frac{1}{d}]$

---

④ * ماذا يحدث عند زيادة شدة التيار الكهربي المار في سلك مستقيم بالنسبة لكثافة الفيض الناتج عنه عند نقطة تبعد عنه مسافة معينة ؟

- تزداد كثافة الفيض حيث $B = \frac{\mu I}{2\pi d}$.

---

⑤ متى .. ؟

أ- تنعدم كثافة الفيض عند نقطة بين سلكين متوازيين يمر بهما تيار كهربي.

* عندما يكون التياران في نفس الإتجاه.

ب- لا توجد نقطة تعادل لسلكين مستقيمين متوازيين يمر بهما تيار كهربي.

* إذا كان التياران متساويان في المقدار وفي اتجاهين متضادين.

١- ملف مساحته $2m^2$ وضع في مجال مغناطيسي كثافة فيضه $0.05\, wb/m^2$ بحيث يكون الفيض المار به نهاية عظمى ، احسب الفيض المغناطيسي عندما يدور الملف بزاوية أ- 30° ب- 45° جـ- 60° د- 135° هـ- 180°

$\theta_1 = 90^\circ \quad A = 2 \quad B = 0.05 \quad \theta_2 = [30/45/60/135/180]^\circ \quad \phi_m = ?$

$\therefore \phi_m = BA\sin\theta$

أ/ $\phi_m = 0.05 \times 2 \times \sin(90-30) = 0.087\ wb$

ب/ $\phi_m = 0.05 \times 2 \times \sin(90-45) = 0.07\ wb$

جـ/ $\phi_m = 0.05 \times 2 \times \sin(90-30) = 0.05\ wb$

د/ $\phi_m = 0.05 \times 2 \times \sin(90-135) = -0.07\ wb$

هـ/ $\phi_m = 0.05 \times 2 \times \sin(90-180) = -0.1\ wb$

2- سلك مستقيم يمر به تيار شدته 4A فإذا علمت أن كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة تبعد عن محوره مسافة معينة هي $2\times10^{-5}T$ أوجد بُعد النقطة عن محور السلك علماً بأن $\mu = 4\pi\times10^{-7}$

$I = 4A \quad B = 2\times10^{-5} \quad d = ?$

$\therefore B = \frac{\mu I}{2\pi d} \longrightarrow \therefore d = \frac{\mu I}{2\pi B} = \frac{4\pi\times10^{-7}\times4}{2\pi\times2\times10^{-5}} = 0.04m$

3- سلكان مستقيمان متوازيان 1،2 فإذا علمت أن كثافة الفيض المغناطيسي الكلي B_t عند النقطة P في منتصف السلك تساوي $6\times10^{-5}T$! احسب كثافة الفيض المغناطيسي عند النقطة Q

1 —— I_1 (←)

P• 20cm

2 —— $I_2 = 10A$ (→)

10cm

Q

$\therefore B_t = B_1 + B_2$

$\therefore 6\times10^{-5} = \frac{\mu}{2\pi d}\left(\frac{I_1}{d_1} + \frac{I_2}{d_2}\right)$

$\therefore 6\times10^{-5} = 2\times10^{-7}\left(\frac{I_1}{0.1} + \frac{10}{0.1}\right) \longrightarrow \therefore I_1 = 20A$

عند Q $\therefore B_t = \frac{\mu I}{2\pi}\left(\frac{I_1}{d_1} - \frac{I_2}{d_2}\right) = 2\times10^{-7}\left(\frac{20}{0.1} - \frac{20}{0.3}\right) = 6.7\times10^{-7}\,T$

فلسطين 94

4- سلكان طويلان متوازيان وضعا على بعد 10cm من بعضهما وأمر في أحدهما تيار شدته 40A وفي الأخر تيار شدته 20A أوجد بعد النقطة التي ينعدم عندها كثافة الفيض المغناطيسي بين السلكين.

* عند نقطة التعادل $B_1 = B_2$

$$\therefore \frac{I_1}{d_1} = \frac{I_2}{d_2} \longrightarrow \therefore \frac{40}{d_1} = \frac{20}{0.1 - d_1}$$

$$\therefore d_1 = 6.67cm$$

5- سلك مستقيم يمر به تيار شدته 8A ويتحرك بالقرب منه على بعد 16Cm شعاع إلكتروني في نفس إتجاه التيار في السلك بمعدل 10^{20} إلكترون كل ثانية. احسب كثافة الفيض المغناطيسي في منتصف المسافة بينهما علماً بأن $(e = 1.6 \times 10^{-19} c)$

$$I_1 = 8A \qquad I_2 = \frac{Q}{t} = \frac{N.e}{t} = \frac{10^{20} \times 1.6 \times 10^{-19}}{1} = 16A$$

$$d = 0.16m \qquad (d_1 = d_2 = 0.08m)$$

$$\therefore B_t = B_1 + B_2 = \frac{\mu}{2\pi}\left[\frac{I_1}{d_1} + \frac{I_2}{d_2}\right]$$

$$\therefore B_t = 2 \times 10^{-7}\left[\frac{8}{0.08} + \frac{16}{0.08}\right] \xrightarrow{\text{ينتج}} B = 6 \times 10^{-5} T$$

أزهر 99

6- سلكان طويلان أ ، ب متوازيان ويبعدان 10cm عن بعضهما ويمر فيهما تيار كهربي شدته 2A ، 4A على الترتيب في إتجاهين متضادين عين بعد النقطة التي تنعدم عندها كثافة الفيض المغناطيسي.

$d = 10 \times 10^{-2} = 0.1m$ بين السلكين $\quad I_1 = 2A \quad I_2 = 4A \quad d_1 = ?$

* تقع نقطة التعادل خارجهما على بعد d_1 من التيار الأقل.

$\therefore$ عند نقطة التعادل $B_1 = B_2$

$$\frac{\mu I_1}{2\pi d_1} = \frac{\mu I_2}{2\pi (d_1 + 0.1)}$$

$$\frac{2}{d_1} = \frac{4}{d_1 + 0.1} \longrightarrow \boxed{\therefore d_1 = 0.1m}$$

تدريبات

[1] أختر الإجابة الصحيحة

① تزداد كثافة الفيض المغناطيسي الناشئ عند مرور تيار كهربي في سلك مستقيم ....

أ- بزيادة مقاومة السلك — ب- بزيادة شدة التيار

ج- بنقص شدة التيار — د- جميع ما سبق

② يمكن تعيين اتجاه الفيض المغناطيسي الناتج عند مرور تيار في سلك مستقيم باستخدام قاعدة ....

أ- اليد اليمنى لفلمنج — ب- اليد اليمنى لأمبير — ج- اليد اليسرى لأمبير — د- اليد اليسرى لفلمنج

③ في الشكل الموضح تكون قيمة كثافة الفيض المغناطيسي الناشئ عند مرور التيار الكهربي في السلك عند النقطة X .... $4 \times 10^{-6} T$

2A
θ
10 cm
X

أ- تساوي — ب- أكبر من — ج- أصغر من

④ إذا كانت قيمة كثافة الفيض المغناطيسي عند النقطة X هي B فإن قيمة كثافة الفيض عند النقطة y هي ....

I
I
d
d
2d
x
y

أ- $\frac{B}{12}$ — ب- 12B — ج- $\frac{B}{2}$ — د- $\frac{B}{8}$

[2] ما المقصود بـ :-

① الفيض المغناطيسي

② قاعدة أمبير لليد اليمنى

[3] متى تنعدم كثافة الفيض الكلية عند نقطة خارج سلكين متوازيين يمر بكل منهما تيار كهربي

4 أذكر استخدام قاعدة أمبير لليد اليمنى

5 مسائل : [خلي بالك اعتبر النفاذية المغناطيسية للهواء $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ (wb/A.m)

١- مصر ٩٣ سلكان مستقيمان متوازيان المسافة بينهما في الهواء هي 15 سم يمر بكل منهما تيار كهربي شدته 5 أمبير . أوجد كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة بينهما وعلى بعد 5 سم من أحدهما :-

أ- عندما يكون التياران في إتجاه واحد ب- عندما يكون التياران في اتجاهين متضادين.

٢- ملف مستطيل مساحته $40 cm^2$ وضع في مجال مغناطيسي كثافة فيضه $0.05 T$ احسب الفيض المغناطيسي المخترق للملف في الحالات الآتية :-

أ- إذا كان الملف موازياً للفيض ب- إذا كان الملف يصنع زاوية $30°$ مع الفيض.

جـ- إذا كان الملف عمودياً د- إذا كان عمودياً ثم دار $30°$.

٣- مصر ٨٧ : يتحرك 7.5×10^{20} إلكترون في سلك مستقيم طويل خلال $3 S$ موضوع موازياً لسلك مستقيم طويل على بعد $5 cm$ من بعضهما ويمر في السلك الثاني تيار كهربي شدته $40 A$ ، أوجد قيمة واتجاه كثافة الفيض المغناطيسي في منتصف المسافة بينهما :

أ- إذا كان التياران في إتجاه واحد

ب- إذا كان التياران في إتجاهين متضادين علماً بأن $e = 1.6 \times 10^{-19} c$

٤- مصر ٩٩ : بطارية قوتها الدافعة الكهربية $8 V$ ومقاومتها الداخلية 1Ω وصل قطباها بسلك مستقيم طوله $10 cm$ ومساحة مقطعه $3 \times 10^{-8} m^2$ ومقاومته النوعية $4.5 \times 10^{-6} \Omega.m$ احسب كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة بعدها العمودي عن مركز السلك $20 cm$

SIGMA

أزهر ٩٩

٥- سلكان طويلان متوازيان وضعا على بعد 15 cm من بعضهما يمر في الأول تيار شدته 3A وفي الثاني 2A وضعت إبرة مغناطيسية صغيرة بينهما فلم تتغير إتجاهها أوجد بعد الإبرة عن السلك الأول.

أزهر ٩٩

٦- سلكان طويلان متوازيان يبعدان 10cm عن بعضهما ويمر فيهما تيار كهربى شدته 4A 2A على الترتيب وفي إتجاهين مختلفين، عين النقطة التي ينعدم عندها كثافة الفيض المغناطيسي لهما.

أزهر ٢٠٠١

٧- سلكان مستقيمان ومتوازيان وضعا في الهواء على بعد 30cm من بعضهما يمر في أحدهما تيار شدته 40A ويمر في الثاني تيار شدته 20A احسب كثافة الفيض المغناطيسي المتولد عند نقطة بينهما تبعد 20cm عن السلك الأول عندما يكون التيار الكهربى في كلا من السلكين في نفس الإتجاه مرة وعندما يكون في إتجاهين متعاكسين مرة أخرى.

سودان ٩١

٨- سلكان مستقيمان متوازيان المسافة بينهما في الهواء 20cm يمر في السلك الأول تيار شدته 20A ويمر في السلك الثاني تيار شدته 15A علماً بأن التياران في إتجاه واحد احسب كثافة الفيض عند نقطة : أ- خارجة عن السلكين وتبعد 10cm عن السلك الأول.

ب- في منتصف المسافة بين السلكين.

٩- سعودية ٩٨ في الشكل المقابل $I_1 = 2A$ ، $I_2 = 4A$

احسب بعد النقطة عن التيار الأصغر التي يكون عندها كثافة الفيض الناشئ عنهما تساوي صفر

I_2 ↑ ، I_1 ↑ ، 20cm

١٠- يمر تيار كهربى من البروتونات في خط مستقيم بمعدل مليون بروتون في ميكروثانية. احسب كثافة الفيض عند نقطة تبعد عن المسار 20cm علماً بأن شحنة البروتون 1.6×10^{-19} C

SIGMA

ثانياً / المجال المغناطيسي الناشئ عند مرور تيار في ملف دائري

← شكل خطوط الفيض /

عند نثر برادة حديد على لوحة ورق مقوى يخترقها الملف الدائري وبطرق لوحة الورق المقوى برفق . تترتب البرادة وتتخذ شكل مجال مغناطيسي يشبه المجال المغناطيسي لمغناطيس قصير. وتكون خطوط الفيض عند محور الملف الدائري متوازية ومتعامدة على مستوى الملف:

ورق مقوي

* محور الملف هو خط مستقيم يمر بالمركز عمودياً على مستوى الملف

إستنتاج كثافة الفيض المغناطيسي

عند مركز ملف نصف قطره r - وعدد لفاته N ويمر به تيار I نجد أن :

$$B \propto I \quad , \quad B \propto N \quad , \quad B \propto \frac{1}{r}$$

$$\therefore B \propto \frac{NI}{r}$$

$$\therefore B = Const \times \frac{NI}{r}$$

$$\therefore B = \frac{\mu I N}{2r}$$

* ملحوظة لحساب عدد لفات الملف

$N = \frac{\ell}{2\pi r}$ (ℓ طول السلك / r نصف قطر الملف)

$N = \theta / 360°$ (إذا الملف جزء غير مكتمل من دائرة)

قاعدة البريمة اليمنى

تستخدم في تحديد إتجاه الفيض للمجال المغناطيسي عند مركز ملف دائري يمر به تيار كهربي.

* (كيفية تطبيق القاعدة) عند دوران بريمة باليد اليمنى في اتجاه حركة عقارب الساعة (في إتجاه الربط) عند مركز الملف بحيث يكون إتجاه الدوران مع إتجاه التيار. فإن إتجاه إندفاعها يشير لإتجاه الفيض عند المركز.

- قاعدة اتجاه حركة عقارب الساعة

* **الإستخدام /** تحديد نوع القطب في كل من وجهي ملف دائري يمر به تيار.

- بالنظر لوجه الملف وتحديد اتجاه التيار :-

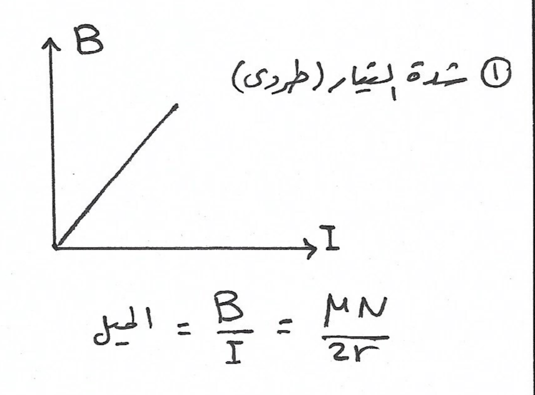
١- إذا كان اتجاه التيار المار في اتجاه حركة عقارب الساعة. فإن الوجه يمثل قطباً جنوبياً (S) . S

٢- إذا كان اتجاه التيار المار في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة . فإن الوجه يمثل قطباً شمالياً (N)

العوامل التي تتوقف عليها كثافة الفيض عند مركز ملف دائري

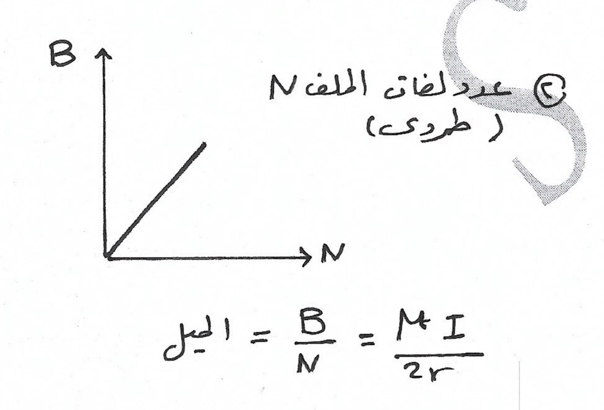
تبعاً للقانون $B = \frac{\mu I N}{2r}$

① شدة التيار (طردي)



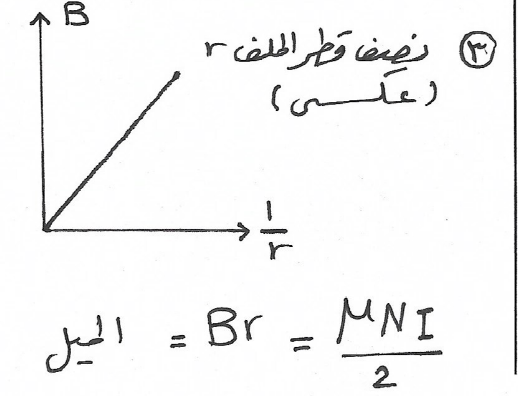
الميل $= \frac{B}{I} = \frac{\mu N}{2r}$

② عدد لفات الملف N (طردي)



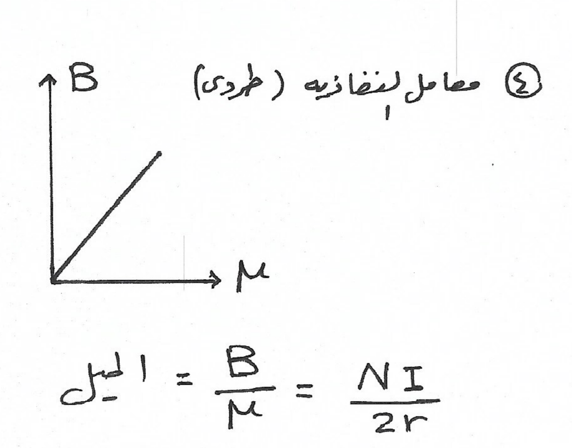
الميل $= \frac{B}{N} = \frac{\mu I}{2r}$

③ نصف قطر الملف r (عكسي)



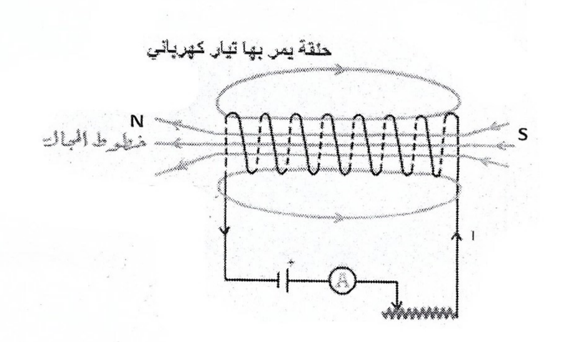
الميل $= Br = \frac{\mu N I}{2}$

④ معامل النفاذية (طردي)



الميل $= \frac{B}{\mu} = \frac{N I}{2r}$

ثالثاً : المجال المغناطيسي لتيار كهربي يمر في ملف لولبي (حلزوني)



شكل المجال :-

* يشبه المجال المغناطيسي لقضيب مغناطيسي . وكل خط من خطوط الفيض يمثل مسار مغلق.

* محور الملف : المستقيم المار بمركزي دائرتي أول وآخر لفة .

استنتاج كثافة الفيض المغناطيسي

* بفرض وجود ملف لولبي (حلزوني) طوله L وعدد لفاته N ويمر به تيار كهربي شدته I نلاحظ أن :-

$B \propto N \qquad B \propto I \qquad B \propto \frac{1}{L}$

$$\therefore B \propto \frac{NI}{L}$$

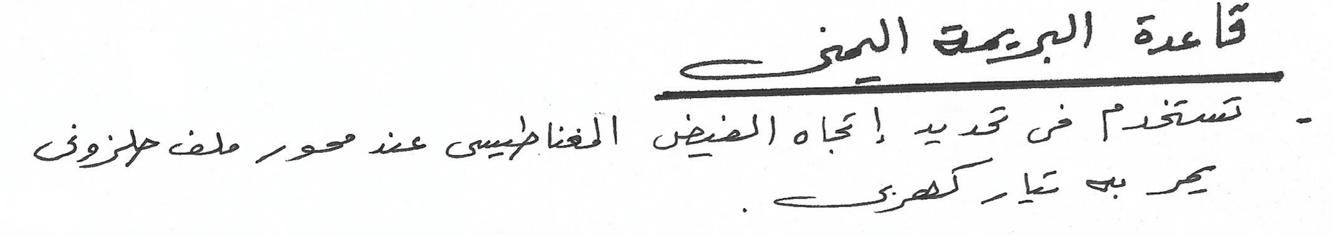
$$\therefore B = Const. \frac{NI}{L}$$

$$\therefore B = \frac{\mu N I}{L}$$

(ملحوظة)

$$n = \frac{N}{L}$$ (عدد اللفات لوحدة الأطوال)

* إذا كانت اللفات متماسة $L = N2r'$ (r' نصف قطر السلك)



قاعدة البريمة اليمنى

- تستخدم فى تحديد إتجاه الفيض المغناطيسى عند محور ملف حلزونى يمر به تيار كهربى.

قاعدة إتجاه حركة عقارب الساعة

- تستخدم فى تحديد نوع القطب فى كلاً من وجهى الملف الحلزونى.

قاعدة أمبير لليد اليمنى

خلى بالك سيادتك

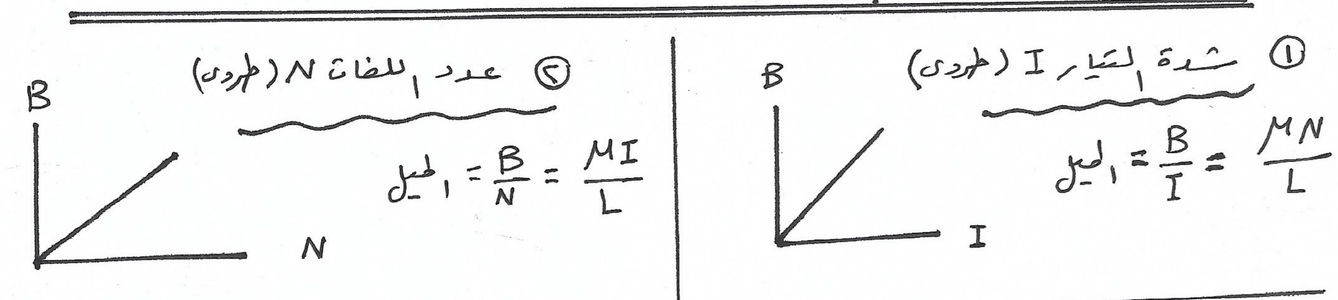
تحديد قطبية المجال فى الملف الحلزونى

كيفية تطبيق القاعدة

عند القبض على الملف باليد اليمنى بحيث تشير أطراف الأصابع لإتجاه التيار، فإن اتجاه الإبهام يشير لاتجاه خطوط الفيض داخل الملف

* داخل الملف الفيض يتجه من القطب الموجب إلى القطب السالب

* العوامل التى تتوقف عليها كثافة الفيض المغناطيسى عند محور ملف لولبى

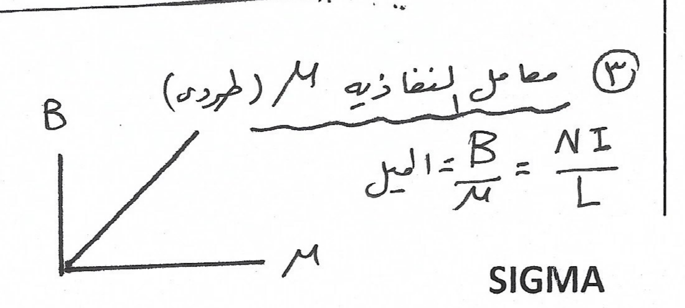


1) شدة التيار I (طردى)

الميل $= \frac{B}{I} = \frac{\mu N}{L}$

2) عدد اللفات N (طردى)

الميل $= \frac{B}{N} = \frac{\mu I}{L}$



3) معامل النفاذية μ (طردى)

الميل $= \frac{B}{\mu} = \frac{N I}{L}$

4) طول الملف L (عكسى)

الميل $= BL = \mu I N$

أسئلة نظرية (مجاب عنها)

1 علل لما يأتى :

① قد لا يتولد مجال مغناطيسي عند مرور تيار مستمر في ملف حلزوني أو دائري

* لأن الملف يكون ملفوفاً لفاً مزدوجاً والفيض المغناطيسي الناتج عند مرور التيار في إتجاه معين يلغى الفيض المغناطيسي الناتج عند مرور نفس التيار في الإتجاه المضاد .

---

② تزداد كثافة الفيض المغناطيسي عند أي نقطة على محور ملف لولبي يمر به تيار كهربى عند وضع ساق من الحديد المطاوع بداخله .

* لأن معامل النفاذية المغناطيسية للحديد أكبر من معامل النفاذية المغناطيسية للهواء فيعمل ساق الحديد على تركيز الفيض المغناطيسي داخل الملف .

---

③ لا تتمغنط ساق من الحديد المطاوع ملفوف حولها سلك معدني معزول ملفوف لفاً مزدوجاً يمر به تيار كهربى .

* لأن إتجاه التيار في أحد فرعي الملف عكس إتجاهه في الفرع الآخر فيتساوى المجالان المغناطيسيان الناشئان ويتضادان في الإتجاه وتكون محصلتهما صفر. فلا يؤثران على ساق الحديد ولا تتمغنط .

---

2 ماذا يحدث مع التفسير

① نقص نصف قطر ملف دائري يمر به تيار كهربى بالنسبة لكثافة الفيض عند مركزه .

* تزداد كثافة الفيض المغناطيسي عند مركزه

حيث $B = \frac{\mu N I}{2r}$

٢) مرور تيار كهربى مستمر فى ملف لولبى .

* يتولد حول الملف اللولبى مجال مغناطيسى يشبه إلى حد كبير المجال المغناطيسى لقضيب مغناطيسى .

---

٣) مرور تيار كهربى فى ملف حلزونى ملفوف لفاً مزدوجاً بالنسبة لكثافة الفيض عند محور الملف .

* تنعدم كثافة الفيض عند محور الملف لأن المجال الناشئ عن تيار أحد الفرعين يلاشى المجال الناشئ عن تيار الفرع الآخر

---

3 أذكر استخداماً واحداً لكل من :

١) قاعدة البريمة اليمنى .

* تحديد إتجاه المجال المغناطيسى عند مركز ملف دائرى أو محور ملف حلزونى يمر به تيار كهربى

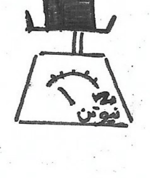
٢) قاعدة عقارب الساعة .

* معرفة نوع القطب المتكون عند كل من وجهى ملف دائرى أو حلزونى يمر به تيار كهربى

---

4 فكرة

فى الشكل المقابل ملف مثبت فوق قطعة من الحديد المطاوع موضوعة على قب ميزان



(أ) ماذا يحدث لقراءة الميزان بعد غلق المفتاح K بالدائرة

(ب) ماذا يحدث لقراءة الميزان إذا عكس التيار المار فى الملف ثم أغلق المفتاح K ؟

5

الأشكال التالية توضح أنصاف حلقات يمر بها نفس التيار I ، احسب كثافة الفيض B عند المركز بدلالة I ، r ، μ ثم رتب هذه الأشكال من حيث كثافة الفيض ترتيباً تنازلياً :.

$$\left(B=\frac{\mu I N}{2r}\right)$$

(أ)

$$B_T=\frac{\mu \frac{1}{2} I\times\frac{1}{2}}{2r}-\frac{\mu\times\frac{1}{2} I\times\frac{1}{2}}{2r}$$

$$B_T=0$$

(ب)

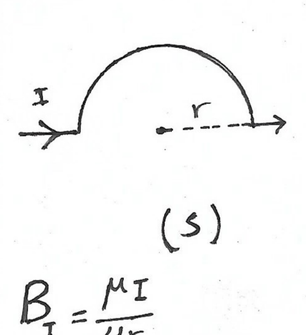
$$B_T=\frac{\mu I}{4r}-\frac{\mu I}{8r}$$

$$B_T=\frac{\mu I}{8r}$$

(جـ)

$$B_T=\frac{\mu I}{4r}+\frac{\mu I}{8r}$$

$$B_T=\frac{3\mu I}{8r}$$



(د)

$$B_T=\frac{\mu I}{4r}$$

$$B_T=\frac{2\mu I}{8r}$$

$$B_{ج} > B_{د} > B_{ب} > B_{أ}$$

---

6 مسائل

① (أزهر ٨٩) إذا مر تيار كهربي في سلك طوله 26.4 cm مغني على شكل قوس من دائرة نصف قطرها 5.6 cm فكانت كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز هذه الدائرة 8.25×10^{-6} T ! احسب شدة التيار المار.

$L=26.4\times10^{-2}$ $\quad r=5.6\times10^{-2}$ $\quad B=8.25\times10^{-6}$

$\because L=N.2\pi r \longrightarrow \therefore N=\frac{L}{2\pi r}=\frac{26.4\times10^{-2}}{2\pi\times5.6\times10^{-2}}=\frac{3}{4}$ لفة

$\because B=\frac{\mu I N}{2r} \longrightarrow \therefore I=\frac{B\,2r}{\mu N}=\frac{8.25\times10^{-6}\times2\times5.6\times4}{10^{2}\times4\pi\times10^{-7}\times3}$

$\therefore B=0.98A$

٢) ملف دائري نصف قطره 10 cm مصنوع من سلك مقاومته النوعية $10^{-6}\ \Omega.m$ ومساحة مقطعه $0.4\times10^{-4}\ m^2$ فإذا وصل بمصدر جهد قوته الدافعة V_B ومقاومته الداخلية مهملة كانت قيمة كثافة الفيض عند مركزه 0.1 T احسب القوة الدافعة الكهربية للمصدر.

نصف قطر $r = 10\times10^{-2} = 0.1$ $\quad \rho_e = 10^{-6} \quad A = 0.4\times10^{-4} \quad r = 0$ مقاومة داخلية

$B = 0.1 \qquad V_B = ?$

$\because R = \rho_e \frac{L}{A} \qquad \because B = \frac{\mu I N}{2r}$

$\therefore R = \rho_e \frac{N.2\pi r}{A} \qquad \therefore I = \frac{B.2r}{\mu N}$

$\because V_B = IR = \frac{B.2r}{\mu N} \times \frac{N.2\pi r.\rho_e}{A}$

$\therefore V_B = \frac{B\times4\pi r^2}{\mu A} = \frac{0.1\times4\pi\times(0.1)^2\times10^{-6}}{4\pi\times10^{-7}\times0.4\times10^{-4}}$

$\therefore V_B = 250\ V$

---

٣) من الشكل المقابل أوجد:

كثافة الفيض المغناطيسي عند النقطة P وحدد إتجاهها

* من الشكل $I = 40A$ ، $r = 0.02$ ، $N = \frac{3}{4}$ لفة

$\because B = \frac{\mu I N}{2r}$

$\therefore B = \frac{4\pi\times10^{-7}\times40\times3}{4\times2\times0.02}$

$\therefore B = 9.42\times10^{-4}\ T$

④ إذا مر تيار كهربي في سلك مستقيم ملفوف على شكل دائرة من لفة واحدة . ثم لف نفس السلك على شكل ملف دائري من أربع لفات ومر به نفس التيار .
قارن بين قيمتي كثافة الفيض المغناطيسي في الحالتين .

← زيادة عدد اللفات لأربعة أمثالها . ينقص نصف قطر اللفه للربع مع ثبوت الطول .

$I_1 = I_2 \qquad \frac{B_1}{B_2} = ? \qquad N_1 = 1 \qquad N_2 = 4$

$$\because \frac{B_1}{B_2} = \frac{\mu I_1 N_1}{2r_1} \times \frac{2r_2}{\mu I_2 N_2}$$

$$\therefore \frac{B_1}{B_2} = \frac{I_1 N_1 r_2}{I_2 N_2 r_1} = \frac{1 \times r}{4 \times 4 \times r} = \frac{1}{16}$$

---

⑤ A ، B سلكان مستقيمان المسافة بينهما 1m يمر في السلك A تيار كهربي شدته 4.5A ويمر في السلك B تيار كهربي شدته 1.5A في نفس الإتجاه وضع ملف دائري في نفس مستوى السلكين مكون من لفة واحدة ونصف قطره 10π cm وكان مركز الملف يبعد عن السلك A مسافة قدرها 0.5m كما هو موضح بالشكل ، ما مقدار وإتجاه التيار المار في الملف الدائري بحيث تصبح كثافة الفيض المغناطيسي عند مركزه تساوي صفراً ؟

B
1.5A
A
4.5A
0.5m
1m

السلك A $(I = 4.5A \quad d_1 = 0.5m)$ / السلك B $(I = 1.5A \quad d_2 = 0.5m)$

ملف دائري $(N = 1 \qquad r = 10\pi \times 10^{-2})$

$$B_A = \frac{\mu I}{2\pi d} = \frac{2\times10^{-7}\times4.5}{0.5} = 1.8\times10^{-6}\ T$$

$$B_B = \frac{\mu I}{2\pi d} = \frac{2\times10^{-7}\times1.5}{0.5} = 6\times10^{-7}\ T$$

$$\therefore B_T = [1.8\times10^{-6}] - [6\times10^{-7}] = 1.2\times10^{-6}\ T$$

✱ لكي تكون B_T عند مركز الملف = صفر ($\therefore B_{ملف} = B_{T\ سلكين}$)

$$1.2\times10^{-6} = \frac{\mu I}{2r} \rightsquigarrow \therefore I = \frac{1.2\times10^{-6}\times2\times10\pi\times10^{-2}}{4\pi\times10^{-7}} = 0.6A$$

في نفس إتجاه عقارب الساعه

(٦) احسب شدة التيار الكهربى الذى يمر فى ملف لولبى طوله 0.5m وعدد لفاته 1000 لفة بحيث تكون كثافة الفيض المغناطيسى عند منتصف محوره هى 0.04T .

* $I = ?$ $\quad \ell = 0.5\,m$ $\quad N = 1000$ $\quad B = 0.04$

$$\because B_{لولبى} = \frac{\mu I N}{\ell} \longrightarrow \therefore I = \frac{B\ell}{\mu N}$$

$$\therefore I = \frac{0.04 \times 0.5}{4\pi \times 10^{-7} \times 1000} = 15.9\,A$$

---

(٧) ملف لولبى طوله 0.6m يمر به تيار شدته 10A وإذا كانت كثافة الفيض المغناطيسى الناشئ عند منتصف محوره تساوى 0.05T احسب :- أ- عدد اللفات لكل وحدة أطوال منه .

ب- عدد لفاته $(\pi = 3.14)$

$\ell = 0.6$ $\quad I = 10$ $\quad B = 0.05$ $\quad \frac{N}{\ell} = ?$ $\quad N = ?$

$$\because B = \frac{\mu I N}{\ell} \longrightarrow \therefore \frac{N}{\ell} = \frac{B}{\mu I}$$

$$\therefore \frac{N}{\ell} = \frac{0.05}{4\pi \times 10^{-7} \times 10} = 3980.9 \text{ لفة/متر}$$

$$\because \frac{N}{\ell} = 3980.9 \longrightarrow \therefore N = 3980.9 \times \ell$$

$$N = 3980.9 \times 0.6$$

$$\therefore N = 2388.5 \text{ لفة}$$

(٨) ملف دائري قطره 22cm وعدد لفاته 49 لفة يمر به تيار كهربي يولد مجال مغناطيسي كثافة فيضه عند مركز الملف 7×10^{-5} T ! احسب: أ- شدة التيار المار في الملف.

ب- كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة على محوره إذا أبعدت لفاته عن بعضها بانتظام حتى أصبح طوله 11cm.

$r = \frac{0.22}{2} = 0.11 \quad N = 49 \quad B_{\text{دائري}} = 7\times10^{-5} \quad I_{\text{دائري}} = ? \quad (B_{\text{لولبي}} = ? \quad l = 0.11\,m)$

$\because B_{\text{دائري}} = \frac{\mu I N}{2r} \longrightarrow \therefore I = \frac{B\,2r}{\mu N} = \frac{7\times10^{-5}\times2\times0.11}{4\pi\times10^{-7}\times49} = 0.25A$

$\because B_{\text{لولبي}} = \frac{\mu I N}{l} = \frac{4\pi\times10^{-7}\times0.25\times49}{0.11} = 14\times10^{-5}\ T$

---

(٩) ملف لولبي طوله 20cm يمر به تيار كهربي يولد فيضاً مغناطيسياً كثافته 4×10^{-3} T عند منتصف محوره، ضغطت لفاته بانتظام فإذا كان قطره 10cm ! احسب كثافة الفيض عند مركز الملف في هذه الحالة.

$l_{\text{لولبي}} = 0.2 \quad B_{\text{لولبي}} = 4\times10^{-3} \quad r_{\text{دائري}} = \frac{0.1}{2} \quad B_{\text{دائري}} = ?$

$\because B_{\text{لولبي}} = \frac{\mu I N}{l} \longrightarrow \therefore I = \frac{B_{\text{لولبي}}\, l}{\mu N}$

$\because B_{\text{دائري}} = \frac{\mu I N}{2r} = \frac{\mu\, B_{\text{لولبي}}\, l\, N}{\mu N\, 2r} = \frac{B_{\text{لولبي}}\, l}{2r}$

$\therefore B_{\text{دائري}} = \frac{4\times10^{-3}\times0.2\times2}{2\times0.1} = 8\times10^{-3}\ T$

تدريبات (واجب)

[1] ما المقصود بكل مما يأتى :

١- قاعدة البريمة اليمنى ٢- قاعدة عقارب الساعة

[2] كيف يمكنك زيادة كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز ملف دائرى؟

[3] ما العوامل التى تتوقف عليها كثافة الفيض المغناطيسى الناشئ عن مرور تيار كهربى فى (ملف دائرى / ملف حلزونى)

[4] قارن بين كل مما يأتى :

① كثافة الفيض المغناطيسى حول سلك مستقيم وعند مركز ملف دائرى يمر بكل منهما تيار كهربى من حيث العلاقة الرياضية المستخدمة .

② كثافة الفيض المغناطيسى عند مركز ملف دائرى وعند نقطة على محور ملف لولبى يمر فيهما تيار كهربى من حيث العلاقة الرياضية المستخدمة .

[4] إختر الاجابة الصحيحة :

① إذا كانت كثافة الفيض عند مركز حلقة دائرية نصف قطرها $4\pi\ cm$ هى $5\times10^{-5}\ T$ وكانت $\mu = 4\pi\times10^{-7}$ ويبر/أمبير.متر فإن شدة التيار المار فى الحلقة ......

أ- $7A$ ب- $7.14A$ ج- $10A$ د- $17A$

② تتناسب كثافة الفيض المغناطيسى عند نقطة على المحور داخل الملف اللولبى تناسباً عكسياً مع .....

أ- عدد لفات الملف ب- شدة التيار فى الملف ج- طول الملف د- طول سلك الملف

③ ملف دائري عدد لفاته N ونصف قطره r يمر به تيار I فكانت كثافة الفيض عند مركزه B فإذا تم إبعاد لفاته بإنتظام ليصبح ملف حلزوني طوله $20r$ ومر به نفس التيار فتكون كثافة الفيض عند منتصف محوره هي ....

أ - $\frac{B}{20}$ ب - $\frac{B}{10}$ جـ - $\frac{B}{40}$ د - B

---

④ أي الملفات التالية تكون كثافة الفيض عند مركزه أكبر قيمة؟

(I ، r) ($2I$ ، $2r$) ($2I$ ، $\frac{1}{2}r$) ($5I$ ، r)

---

5 أكتب العلاقة الرياضية وما يساويه الميل :

- $B(T)$ مقابل $\frac{1}{l}(m^{-1})$ (ملف حلزوني)
- $B(T)$ مقابل $\frac{1}{r}(m^{-1})$ (ملف دائري)
- $B(T)$ مقابل N (ملف حلزوني)

---

6 مسائل (استخدم الثابتة $\mu_{هواء} = 4\pi \times 10^{-7} wb/A.m$ عند الحاجة إليه)

① إذا مر تيار كهربي شدته $0.1A$ في ملف دائري قطره $12.65cm$ وعدد لفاته 100 لفة احسب كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز الملف ($\pi = 3.14$)

---

② إحسب كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز ملف دائري يتكون من لفة واحدة نصف قطره $0.1m$ يمر به تيار شدته $10A$ وإذا كان هناك سلك مستقيم يمر به تيار كهربي له نفس الشدة فما بعد نقطة عن السلك تكون كثافة الفيض المغناطيسي عندها لها نفس القيمة؟ ($\pi = 3.14$)

③ ملف حلزوني طوله $0.22m$ ومساحة مقطعه $25 \times 10^{-4} m^2$ يحتوي على 300 لفة احسب شدة التيار اللازم إمراره بالملف لتكون كثافة الفيض عند منتصف محوره $1.2 \times 10^{-3} wb/m^2$ وكم يكون الفيض الكلي الذي يمر بالملف؟

④ ملف دائري قطره 12 cm يمر به تيار كهربي يولد مجالاً مغناطيسياً عند مركزه أبعدت لفاته بإنتظام عن بعضها في اتجاه محوره ليصبح ملفاً حلزونياً يمر به نفس شدة التيار فأصبحت كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة داخله وتقع على محوره = $\frac{1}{2}$ كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز الملف الدائري ، احسب طول الملف الحلزوني حينئذ .

---

⑤ ملفان لولبيان أحدهما داخل الآخر لهما محور مشترك ، تحتوي وحدة الأطوال من الملف الأول على 10 لفات ومن الملف الثاني على 20 لفة فإذا كان التيار المار في الملف الأول 2A والثاني 4A احسب كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة بداخلهما على المحور :

(أ) عندما يكون التياران في نفس الاتجاه .

(ب) عندما يكون التياران في اتجاهين متضادين . (علماً بأن $\pi = 3.14$)

---

⑥ مر تيار كهربي في سلك طوله 26.4 cm منحنى على شكل قوس من دائرة نصف قطرها 5.6 cm فكانت كثافة الفيض المغناطيسي الناشئ عند مركز هذه الدائرة 8.25×10^{-6} T احسب شدة التيار .

---

⑦ شحنة كهربية مقدارها 1.4×10^{-6} C تدور بسرعة 1500 دورة كل دقيقة في مسار دائري نصف قطره 15 cm احسب كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز الدوران لهذه الشحنة .

---

⑧ ملف حلزوني طوله 50 cm وصل ببطارية قوتها الدافعة V_B فولت فكانت كثافة الفيض عند المحور B_1 فإذا قطع 10 cm من الملف من كل طرف ووصل الباقي بنفس البطارية صارت كثافة الفيض عند نفس النقطة B_2 فما نسبة $B_1 : B_2$

القوة المغناطيسية وعزم الإزدواج

عند وضع سلك مستقيم حر الحركة بين قطبي مغناطيس فإن السلك عندما يمر به تيار كهربي يتحرك . وهذا يتطلب وجود قوة . وتكون القوة المحركة عمودية على كل من إتجاه التيار وإتجاه المجال المغناطيسي .

* يتحرك السلك تحت تأثير القوة من الموضع الأعلى في كثافة الفيض إلى الموضع الأقل في كثافة الفيض .

إستنتاج القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك مستقيم يمر به تيار كهربي موضوع في فيض مغناطيسي .

نفرض وجود سلك يمر به تيار كهربي شدته I موضوع عمودياً على مجال مغناطيسي كثافة فيضه B ويعرض من السلك جزء طوله L للفيض .

وينتيجة لذلك يتأثر السلك بقوة مغناطيسية F . يمكن استنتاجها كما يلي/

$F \propto B$ و $F \propto I$ و $F \propto L$

$\therefore F \propto BIL$

$\therefore F = \text{const}\ BIL$

$\therefore F = BIL$

* وإذا كان السلك يصنع زاوية θ مع الفيض فإن :-

$$F = BIL \sin\theta$$

* **يمكن عكس إتجاه القوة (إتجاه حركة السلك) عن طريق :-**

١- عكس إتجاه التيار الكهربي المار في السلك .

٢- عكس إتجاه المجال المغناطيسي المؤثر على السلك .

قاعدة اليد اليسرى لفلمنج

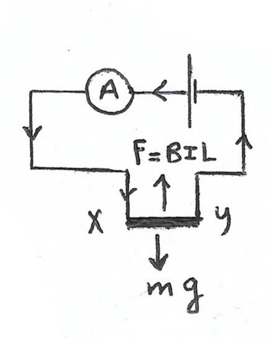
الإستخدام : تحديد إتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك مستقيم يمر به تيار كهربي وموضوع عمودياً على إتجاه المجال المغناطيسي .

طريقة الإستخدام : إجعل الإبهام والسبابة في اليد اليسرى متعامدين على بعضهما وعلى باقي الأصابع

* تشير السبابة لاتجاه الفيض (المجال) و باقي الأصابع (عدا الإبهام) تشير لاتجاه التيار . فإن الإبهام يشير لاتجاه القوة المغناطيسية (إتجاه حركة السلك) .



* عندما يكون السلك معلق أفقياً ومتزن ويمر به تيار كهربي وموضوع في مجال مغناطيسي عمودي على السلك فإن :



$\uparrow F = F_g \downarrow$ (الوزن)

$BIL = mg$ $\quad (\rho = \frac{m}{V_{oL}})$

$BIL = \rho V_{oL} g$ $\quad (V_{oL} = A.L)$

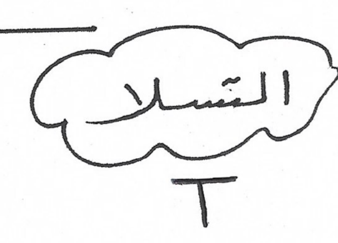
$BIL = \rho A L g$ $\quad (A = \pi r^2)$

$BI = \rho \pi r^2 g$

مما سبق يمكن تعريف :

كثافة الفيض المغناطيسى B

مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك طوله 1m يمر به تيار كهربى شدته 1A موضوع عمودياً على الفيض المغناطيسى عند تلك النقطة .

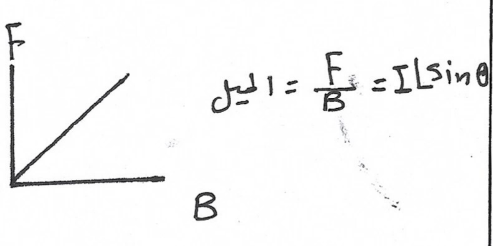


كثافة الفيض المغناطيسى الذى يولد قوة مقدارها 1N على سلك طوله 1m يمر به تيار كهربى شدته 1A عندما يكون السلك عمودياً على خطوط الفيض المغناطيسى .

---

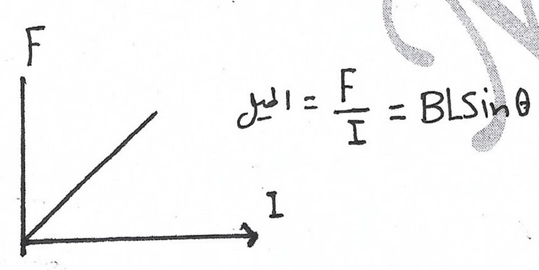
* العوامل التى تتوقف عليها القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك مستقيم يمر به تيار كهربى موضوع فى مجال مغناطيسى

① كثافة الفيض (B) [طردى]



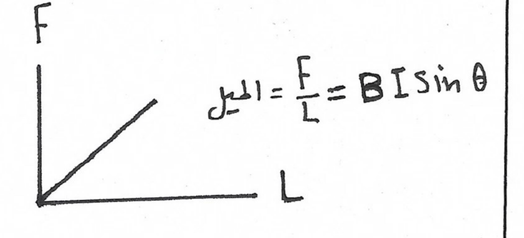
$\text{الميل} = \frac{F}{B} = IL\sin\theta$

② شدة التيار I (طردى)



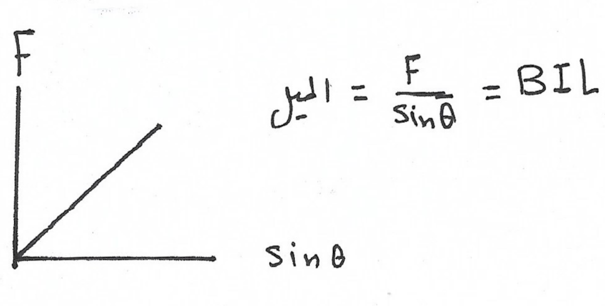
$\text{الميل} = \frac{F}{I} = BL\sin\theta$

③ طول السلك L (طردى)



$\text{الميل} = \frac{F}{L} = BI\sin\theta$

④ جيب الزاوية المحصورة بين السلك واتجاه الفيض $\sin\theta$ (طردى)



$\text{الميل} = \frac{F}{\sin\theta} = BIL$

استنتاج القوة بين سلكين مستقيمين متوازيين و يمر بهما تياريين .

بفرض مرور تيار كهربي I_1 في سلك طوله L موضوع موازي لسلك آخر له نفس الطول L ويمر به تيار I_2 . وعلى مسافة d من بعضهما . فإن المجال المغناطيسي حول كل سلك يؤثر على السلك الآخر بقوة .

* F_1 (القوة المؤثرة على السلك الأول - من مجال السلك الثاني)

$$F_1 = B_2 I_1 L = \frac{\mu I_2}{2\pi d} I_1 L$$

* F_2 (القوة المؤثرة على السلك الثاني - من مجال السلك الأول)

$$F_2 = B_1 I_2 L = \frac{\mu I_1}{2\pi d} I_2 L$$

I_1 I_2 d

$$\therefore F = F_1 = F_2 = \frac{\mu I_1 I_2 L}{2\pi d}$$

* وكما سبق الدراسة في بداية الفصل :-

① إذا كان التياران I_1 ، I_2 في نفس الإتجاه (يحدث تجاذب)

- لأن محصلة كثافة الفيض خارج السلكين أكبر من محصلة كثافة الفيض بينهما . فيتحرك السلك من الخارج (الأكبر كثافة) للداخل (الأقل كثافة)

② إذا كان التياران I_1 ، I_2 في إتجاهين متضادين (يحدث تنافر)

- لأن محصلة كثافة الفيض بين السلكين أكبر من محصلة كثافة الفيض خارجهما . فيتحرك السلك من الداخل (الأعلى كثافة) للخارج (الأقل كثافة) .

إستنتاج عزم الإزدواج المؤثر على ملف مستطيل يمر به تيار كهربى موضوع فى مجال مغناطيسى .

عند وضع ملف مستطيل abcd يمر به تيار كهربى ، بحيث يكون مستواه موازى لخطوط الفيض المغناطيسى ، والملف قابل للحركة .

* نجد أن الضلعين ab و cd عموديان على المجال يتأثران بقوتان .

والضلعان ad ، bc موازيان للمجال فتكون القوة المؤثرة عليهما = صفر .

* القوتان على الضلعين الرأسيين ab ، cd متساويتان فى المقدار ومتضادتان فى الإتجاه . والمسافة بينهما هى طول أحد الضلعين ad أو bc . فينشأ عزم إزدواج يعمل على دوران الملف حول محوره .

عزم الإزدواج = إحدى القوتين X البعد العمودى بينهما

$$\therefore \tau = B I L_{ab} \; L_{bc}$$

$$\therefore \tau = BIA$$

وإذا كان عدد لفات الملف N

$$\therefore \tau = BIAN$$

وفى حالة وجود زاوية بين خطوط الفيض والملف

$$\tau = BIAN \sin\theta$$ (وحدة القياس N.m)

ويسمى المقدار $|IAN|$ بعزم ثنائى القطب المغناطيسى $|\overrightarrow{md}|$

وهى كمية متجهة عمودية على مستوى الملف A

$$\tau = B|\overrightarrow{md}|$$

عزم ثنائي القطب المغناطيسي

يقدر بعزم الإزدواج المغناطيسي المؤثر على ملف يمر به تيار كهربى مستواه موازياً للفيض المغناطيسي كثافته 1T

$$|\vec{m_d}| = \frac{\tau}{B \sin\theta}$$

---

* وحدة قياس عزم ثنائي القطب المغناطيسي $N.m/T$ وهي تكافئ $A.m^2$.

---

* اتجاه $\vec{m_d}$ عمودي على المساحة (الملف) من اتجاه الربط أو تقدم البريمة وهو اتجاه التيار.

---

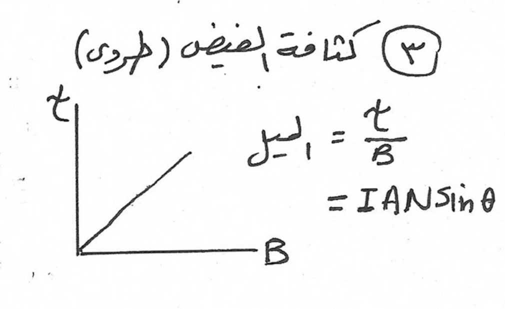
* **العوامل التي يتوقف عليها عزم الإزدواج المغناطيسي.**

① عدد لفات الملف N (طردي)

الميل $= \frac{\tau}{N} = BIA\sin\theta$

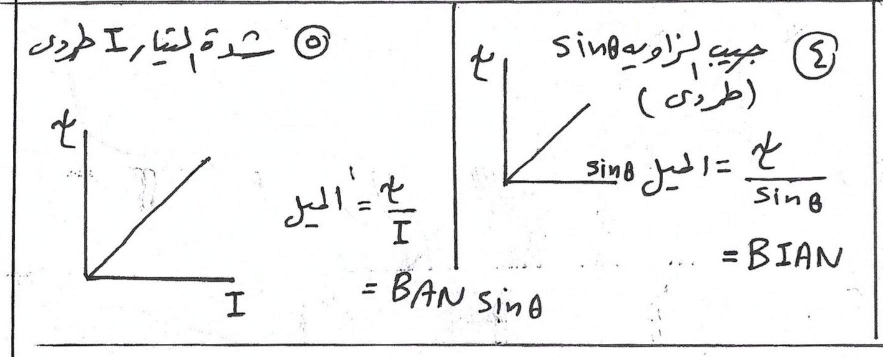
② مساحة وجه الملف A (طردي)

الميل $= \frac{\tau}{A} = BIN\sin\theta$



③ كثافة الفيض (طردي)

الميل $= \frac{\tau}{B} = IAN\sin\theta$



④ جيب الزاوية $\sin\theta$ (طردي)

الميل $= \frac{\tau}{\sin\theta} = BIAN$

⑤ شدة التيار I طردي

الميل $= \frac{\tau}{I} = BAN\sin\theta$

أسئلة نظرية [مجاب عنها]

[1] علل :

① عدم تحرك سلك مستقيم حر الحركة يمر به تيار كهربى بالرغم من وضعه في مجال مغناطيسى منتظم .

* لأن السلك موضوع موازياً للفيض المغناطيسى .

---

② تنافر سلكين مستقيمين متوازيين إذا كان التيار المار بهما في إتجاهين متضادين

* لأن محصلة كثافة الفيض المغناطيسى خارج السلكين أقل من محصلة كثافة الفيض بينهما فتتولد قوة تحرك السلكين من الموضع الأعلى في كثافة الفيض إلى الموضع الأقل فيتنافرا .

---

③ إذا مر تيار كهربى في كل من ملف حلزونى وسلك مستقيم منطبق على محور الملف فإن السلك لن يتأثر بقوة مغناطيسية .

* لأن السلك موضوع موازياً للمجال المغناطيسى الناشئ عند مرور تيار كهربى في الملف الحلزونى فتكون صفر = θ وتتعين القوة من العلاقة $F = BIl\sin\theta$ وبالتالى $F = 0$.

---

④ يتناقص عزم الإزدواج المؤثر على ملف مستطيل يمر به تيار كهربى معلق بين قطبى مغناطيس أثناء دورانه ابتداء من الوضع الذى يكون فيه مستواه موازياً للمجال المغناطيسى حتى يصبح مستواه عمودياً على المجال .

* لأنه بدوران الملف من الوضع الموازى لخطوط الفيض تقل الزاوية بين العمودى على مستوى الملف وخطوط الفيض θ فيقل عزم الإزدواج تبعاً للعلاقة [$\tau = BIAN\sin\theta$]

2 ماذا نعني بقولنا أن

① عزم ثنائي القطب المغناطيسي لملف = $200 A.m^2$

* أي أن عزم الازدواج المؤثر على الملف عند مرور تيار كهربي به بحيث يكون مستواه موازياً لفيض كثافته 1T يساوي 200N.m

② كثافة الفيض المغناطيسي عند نقطة = 0.4T

* أي أن مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة على سلك طوله 1m يمر به تيار شدته 1A موضوع عمودياً على خطوط الفيض المغناطيسي عند تلك النقطة = 0.4N

3 ماذا يحدث في الحالات الآتية؟ مع التفسير:

① مرور تيار في نفس الاتجاه في سلكين متوازيين.

* يتجاذب السلكان. لأن محصلة كثافة الفيض خارج السلكين تكون أكبر من محصلة كثافة الفيض بينهما.

② وضع سلك يحمل تياراً كهربياً عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم.

* يتحرك السلك في اتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي حيث تنشأ قوة مغناطيسية عمودية على كل من اتجاه التيار الكهربي وخطوط الفيض المغناطيسي.

4 متى ينعدم عزم الازدواج المؤثر على ملف يمر به تياراً كهربياً وموضوع في مجال مغناطيسي منتظم.

* عندما يكون مستوى الملف عمودياً على الفيض المغناطيسي

مسائل [مجاب عنها]

مصر ٧٩

[1] أمر تيار كهربى شدته 10A فى سلك طوله 0.5m موضوع فى مجال مغناطيسى كثافة فيضه 2T ! احسب القوة المؤثرة على السلك عندما يكون :-

١- السلك موازياً لخطوط المجال المغناطيسى .
٢- الزاوية بين السلك والمجال المغناطيسى 30° .
٣- السلك فى وضع عمودى على المجال المغناطيسى .

* $I = 10A \quad L = 0.5m \quad B = 2 \quad F = ?$

① $\therefore F = BIL\sin\theta = 2 \times 10 \times 0.5 \times \sin 0 = 0N \quad (\theta = 0)$

② $\therefore F = BIL\sin\theta = 2 \times 10 \times 0.5 \times \sin 30 = 5N \quad (\theta = 30^\circ)$

③ $\therefore F = BIL\sin\theta = 2 \times 10 \times 0.5 \times \sin 90 = 10N \quad (\theta = 90^\circ)$

---

[2] سلكان مستقيمان متوازيان المسافة بينهما 8cm وطولهما المتقابلان 60cm أمر تيار شدته 2A فى كل منهما فى نفس الاتجاه . ! احسب القوة المتبادلة بينهما ونوعها .

$d = 8 \times 10^{-2} \quad L_1 = 0.6m = L_2 \quad I_1 = I_2 = 2A$

$$\therefore F = \frac{\mu I_1 I_2}{2\pi d} L$$

$$\therefore F = \frac{2 \times 10^{-7} \times 2 \times 2 \times 0.6}{0.08}$$

$$\therefore F = 6 \times 10^{-6} N$$

[تجاذب]

3 ثلاث أسلاك متوازية وأطوالها المتقابلة 120 cm السلك A يمر به تيار شدته 6A والسلك الأوسط B يمر به تيار شدته 10A والسلك الثالث C يمر به تيار شدته 4A والتيارات في نفس الإتجاه والسلك B يبعد عن كل من A ، C مسافة 40 سم

احسب: ① القوة التي يتأثر بها السلك الأوسط B وفي أي جهة يتحرك
② القوة التي يتأثر بها السلك الثالث C وفي أي جهة يتحرك.

$L = 1.2 m$

6A, 10A, 4A ; 0.4m, 0.4m ; A, B, C

① B_t (محصلة A ، C) تؤثر على السلك B

$$B_A = \frac{\mu I}{2\pi d} = \frac{2\times10^{-7}\times6}{0.4} = 3\times10^{-6} T$$

$$B_C = \frac{2\times10^{-7}\times4}{0.4} = 2\times10^{-6} T$$

في نقطة بين السلكين والتيارات في اتجاه واحد

$$B_t = (B_A - B_C) = 3\times10^{-6} - 2\times10^{-6} = 10^{-6} T$$

$$\therefore F = B I_B L = 10^{-6}\times10\times1.2 = 12\times10^{-6} N$$

(جهة السلك A)

② B_t (محصلة A ، B) تؤثر على السلك C

$I_A = 6A \quad I_B = 10A \quad d_A = 0.8 m \quad d_B = 0.4 m$

$$B_A = \frac{\mu I}{2\pi d} = \frac{2\times10^{-7}\times6}{0.8} = 1.5\times10^{-6} T$$

$$B_B = \frac{\mu I}{2\pi d} = \frac{2\times10^{-7}\times10}{0.4} = 5\times10^{-6} T$$

عند نقطة خارج السلكين (في نفس الاتجاه)

$$B_t = B_A + B_B = 6.5\times10^{-6}$$

$$\therefore F = B I_C L = 6.5\times10^{-6}\times4\times1.2$$

$$F = 3.12\times10^{-5} N$$

جهة السلك B

مصر ٩٦

[4] ملف عدد لفاته 100 لفة يمر به تيار شدته 20A وضع في مجال مغناطيسي كثافة فيضه 0.5T فإذا كانت مساحة مقطعه $0.1 m^2$! احسب عزم الازدواج المؤثر عليه عندما تكون الزاوية بين مستوى الملف والمجال 30° .

$N = 100 \quad I = 20 \quad B = 0.5 \quad A = 0.1 \quad \tau = ? \quad \theta = 60^\circ$

$\tau = BIAN \sin\theta = 0.5 \times 20 \times 0.1 \times 100 \times \sin 60 = 86.6 \, N.m$

مصر ٢٠٠٨

[5] سلك من الألومونيوم XY مساحة مقطعه $0.1 cm^2$ معلق أفقياً بينما يلامس طرفيه نهاية دائرة كهربية كما هو مبين بالرسم . ! احسب كثافة الفيض المغناطيسي التي تعمل على أن يظل السلك معلقاً دون ! استخدام مؤثر خارجي (غير كثافة الفيض المؤثرة عليه) مع بيان اتجاه الفيض علماً بأن

$g = 10 \, m/s^2 \quad \rho_{AL} = 2700 \, Kg/m^3$

A, I = 10A, X, Y

$A = 0.1 \times 10^{-4} \quad I = 10 \quad B = ? \quad \rho_{AL} = 2700 \quad g = 10$

لكي يظل السلك معلقاً يجب أن تكون القوة التي يؤثر بها المجال على السلك ↑ = قوة وزن الجسم ↓

$\therefore F_g = F$

$mg = BIL$

$\rho . V_{ol} . g = BIL$

$\rho . A . L . g = BIL$

$\therefore \rho A g = BI$

$\therefore B = \frac{\rho A g}{I} = \frac{2700 \times 0.1 \times 10^{-4} \times 10}{10}$

$\therefore B = 27 \times 10^{-3} \, T$

تدريبات

[1] علل

١- يتحرك سلك مستقيم يمر به تيار كهربي موضوع عمودياً على فيض مغناطيسي.

٢- تجاذب سلكين مستقيمين متوازيين إذا كان التيار بهما في نفس الإتجاه.

٣- قد لا يتحرك ملف مستطيل (قابل للحركة) يمر به تيار كهربي مستمر وموضوع في مجال مغناطيسي.

[2] ما العوامل التي يتوقف عليها كل مما يأتي مع كتابة العلاقة الرياضية.

(١) القوة المؤثرة على سلك يمر به تيار كهربي وموضوع في مجال مغناطيسي،

(٢) عزم ثنائي القطب المغناطيسي،

[3] قارن بين قاعدة أمبير لليد اليمنى وقاعدة فلمنج لليد اليسرى من حيث الإستخدام.

[4] إثبت أن القوة المؤثرة على سلك طوله l يمر به تيار كهربي شدته I وموضوع عمودياً على إتجاه مجال مغناطيسي كثافة فيضه B تتعين من العلاقة $F = BIL$

[5] ما المقصود بكل من [التسلا / عزم ثنائي القطب المغناطيسي]

[6] مسائل

(١) سلك طوله 10 cm يمر به تيار شدته 5A وضع في مجال مغناطيسي كثافة فيضه $1\ wb/m^2$ ، احسب القوة المؤثرة على السلك عندما يصنع زاوية مع إتجاه خطوط الفيض تساوي :

أ- [0°]   ب- [90°]   جـ- [135°]   د- [180°]

② سلك مستقيم طوله 30cm يحمل تيار شدته 4A ، كيف تضع هذا السلك في مجال مغناطيسي كثافته 5T بحيث تؤثر عليه قوة قدرها 3N .
[30°]

---

③ مصر ٢٠١٢
سلك مستقيم يمر به تيار كهربي شدته 5A ، احسب كثافة الفيض المغناطيسي الناتجة عن مرور التيار في السلك عند نقطة في الهواء بعدها العمودي عن السلك 10cm وإذا وضع عند تلك النقطة سلك آخر موازي له طوله 50cm ويمر به تيار كهربي شدته 2A ! احسب القوة المؤثرة على هذا السلك نتيجة تأثره بمجال السلك الأول .
[10^{-5}T , 10^{-5}N]

---

④ مصر ٢٠٠٩
ملف مستطيل أبعاده 20cm ، 10cm عدد لفاته 200 لفة موضوع في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه 0.4 T مر به تيار كهربي شدته 3A ! احسب عزم الازدواج المؤثر على الملف في الحالات الآتية :

① عندما يميل مستوى الملف على اتجاه المجال بزاوية 60° .
② عندما يكون مستوى الملف عمودياً على اتجاه المجال .
③ عندما يكون مستوى الملف موازياً للمجال .

---

⑤ مصر
سلك طوله 0.5m يمر به تيار كهربي شدته 20A يدور في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه B . يوضح الجدول التالي العلاقة بين القوة المؤثرة على السلك F بالنيوتن وجيب الزاوية بين اتجاه المجال والسلك $\sin\theta$.

F(N)	0.6	1.2	1.5	1.8	2.4	2.7
$\sin\theta$	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9

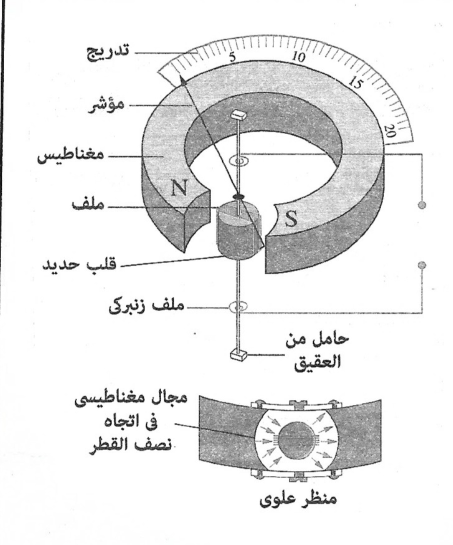
* ارسم العلاقة البيانية بين F على الصادي و $\sin\theta$ على محور السينات ومن الرسم أوجد :- ١- قيمة القوة المؤثرة على السلك عندما يكون عمودياً على المجال المغناطيسي .
٢- كثافة الفيض المغناطيسي .

أجهزة القياس الكهربي

أجهزة القياس [أجهزة قياس تناظرية - أجهزة قياس رقمية]

[1] الجلفانومتر ذو الملف المتحرك (الجلفانومتر الحساس)

جهاز يستخدم للاستدلال على وجود تيارات كهربية مستمرة ضعيفة جداً في دائرة ، وقياس شدتها ، وتحديد اتجاهها .



تركيب الجلفانومتر

(1) ملف من سلك رفيع ملفوف حول إطار مستطيل من الألومونيوم الخفيف . والملف قابل للدوران حول محوره

(2) قلب من الحديد المطاوع على شكل إسطوانة موضوع داخل الإطار المستطيل "لتركيز الفيض داخل الملف"

(3) مغناطيس قوى على شكل حدوة فرس ، ويتم وضع الملف والقلب الحديدى بين قطبيه المقعرين . "لجعل كثافة الفيض المغناطيسى ثابتة فى الحيز الذى يتحرك فيه الملف - وتكون خطوط الفيض على هيئة أنصاف أقطار - فيكون الفيض دائماً عمودى على الملف"

(4) زوج من الملفات الزنبركية [تعمل كوصلات لدخول وخروج التيار - التحكم فى حركة الملف - إعادة الملف لوضعه الأصلى عند انقطاع التيار]

(5) حوامل من العقيق يرتكز عليها الملف . [لتسهيل حركته وتقليل الاحتكاك]

* فكرة عمل الجلفانومتر عزم الازدواج المؤثر على ملف قابل للحركة يمر به تيار كهربى وموضوع فى مجال مغناطيسى

شرح فكرة عمل الجلفانومتر :-

١- بمرور تيار كهربي في الملف تنشأ قوى مغناطيسية . فيتولد عزم ازدواج يعمل على دوران الملف .

٢- بدوران الملف فإن الملفان الزنبركيان يتولد فيهما عزم لي وهو في عكس اتجاه عزم الإزدواج المؤثر على الملف .

٣- عند اتزان عزم اللي مع عزم الإزدواج . فإن المؤشر يتوقف أمام قراءة تدل على مقدار شدة التيار .

٤- عكس اتجاه التيار الكهربي في الملف يؤدي لحركة المؤشر في عكس الإتجاه .

∴ استخدام الجلفانومتر

* الاستدلال على مرور تيارات كهربية مستمرة وضعيفة جداً . وقياس شدتها وتحديد اتجاهها .

حساسية الجلفانومتر

تقدر بزاوية انحراف مؤشر الجلفانومتر عند وضع الصفر عند مرور تيار في الملف شدته الوحدة .

$$\text{حساسية الجلفانومتر} = \frac{\theta}{I}$$

وحدة القياس [درجة / ميكروأمبير] ($deg/\mu A$)

← يتناسب انحراف مؤشر الجلفانومتر طردياً مع عزم الإزدواج

← و يتناسب عزم الإزدواج طردياً مع شدة التيار المار في الملف .

∴ تتناسب زاوية الإنحراف طردياً مع شدة التيار

شدة التيار في ملف الجلفانومتر = دلالة القسم الواحد × عدد الأقسام التي ينحرف لها المؤشر

علل لايصلح الجلفانومتر ذو الملف المتحرك لقياس التيار المتردد .

لأنه الفيض الناتج عن التيار المتردد يكون مترددا . وبالتالي يتغير اتجاه عزم الازدواج كل نصف دورة . فلا يستجيب الملف لهذا التغير السريع بفعل القصور الذاتي للملف .

علل لايصلح الجلفانومتر ذو الملف المتحرك (الحساس) لقياس شدة التيارات الكهربية العالية .

لأن ملف الجلفانومتر لايتحمل التيارات ذات الشدة العالية بسبب أن جزء من الطاقة الكهربية يتحول لطاقة حرارية قد تؤدي لانصهار الملف . وكذلك قد يعمل عزم الازدواج الكبير إلى اختلال الملف .

علل صفر تدريج الجلفانومتر في المنتصف .

لتحديد اتجاه التيار في الملف .

تطبيقات على الجلفانومتر .

* يمكن تحويل الجلفانومتر إلى :

① أميتر (لقياس تيارات كهربية مستمرة عالية الشدة)

② فولتميتر (لقياس فروق الجهد المستمرة)

③ أوميتر (لقياس مقاومة كهربية مجهولة)

2 أميتر التيار المستمر (الأميتر ذو الملف المتحرك)

الأميتر: جهاز يستخدم لقياس شدة التيارات المستمرة عالية الشدة وهو عبارة عن جلفانومتر وصل مع ملفه مقاومة صغيرة على التوازي تسمى مجزئ التيار.

I I_g R_g I_s R_s

فكرة عمل الأميتر

عزم الإزدواج المؤثر في ملف يمر به تيار كهربي قابل للدوران في مجال مغناطيسي.

التوصيل في الدائرة الكهربية

يوصل في الدائرة الكهربية على التوالي.

تركيب الأميتر

يتم توصيل مقاومة صغيرة جداً تعرف باسم مجزئ التيار R_s على التوازي مع ملف الجلفانومتر R_g

مجزئ التيار R_s

مقاومة صغيرة توصل على التوازي مع ملف الجلفانومتر لتحويله لأميتر لقياس شدة تيار أكبر.

- أهمية مقاومة مجزئ التيار:

1. تحمي الجلفانومتر من التلف نتيجة مرور معظم التيار بها.
2. تقليل المقاومة الكلية للأميتر. فلا تؤثر على مقاومة الدائرة الكلية وبالتالي لا تتأثر شدة التيار.
3. زيادة مدى الجلفانومتر.

إستنتاج قيمة مقاومة مجزئ التيار R_s

$\because$ R_s ، R_g متصلتان على التوازى.

$$\therefore V_g = V_s$$

$$I_g R_g = I_s R_s$$

$$\therefore R_s = \frac{I_g R_g}{I_s}$$

$$\therefore R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$$

حساسية الأميتر

النسبة بين أقصى تيار يقيسه الجلفانومتر إلى أقصى تيار يقيسه بعد تحويله لأميتر.

* ملاحظات.

عندما تنقص حساسية الجلفانومتر إلى العشر فهذا يعني أن

$$I = 10\, I_g$$

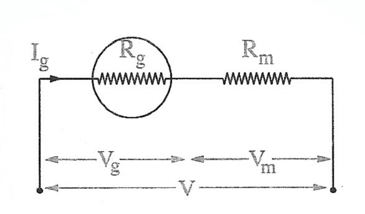


3 فولتميتر التيار المستمر

* جهاز يستخدم لقياس فرق الجهد عبر أى نقطتين . وهو عبارة عن جلفانومتر حساس وصل معه على التوالى مقاومة كبيرة تسمى مضاعف الجهد .

فكرة عمل الفولتميتر قياس فرق الجهد بين نقطتين فى دائرة كهربية .

تركيب الفولتميتر



مقاومة كبيرة تسمى مضاعف الجهد Rm توصل على التوالى مع ملف الجلفانومتر .

أهمية مقاومة مضاعف الجهد

١- تعمل على زيادة مدى الجهاز لقياس فروق جهد أكبر .

٢- زيادة المقاومة الكلية للفولتميتر . فلا يسحب تياراً كبيراً من الدائرة عند توصيله على التوازى فى الدائرة . وبالتالى لا يؤثر على فرق الجهد المطلوب قياسه .

* طريقة التوصيل فى الدائرة الكهربية

على التوازى بين طرفى الموصل المراد قياس فرق الجهد بين طرفيه . ويتم توصيل الطرف الموجب للفولتميتر بالجهد الموجب . و الطرف السالب للفولتميتر بالجهد السالب .

مضاعف الجهد Rm مقاومة كبيرة توصل بالجلفانومتر على التوالى لتحويله إلى فولتميتر يقيس فروق جهد أكبر .

استنتاج قيمة مقاومة مضاعف الجهد :

$\because$ R_g ، R_m متصلتان على التوالى

$$\therefore V = V_g + V_m$$

$$\therefore V = V_g + I_g R_m$$

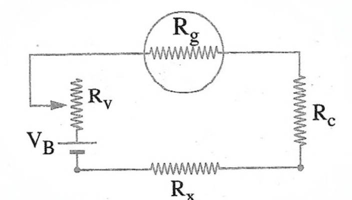
$$\therefore R_m = \frac{V - V_g}{I_g}$$

* ويمكن كتابة المعادلة على الصورة :

$$R_m = \frac{V - I_g R_g}{I_g}$$

الأوميتر

جهاز يستخدم لقياس مقاومة مجهولة . وهو عبارة عن جلفانومتر حساس وصل معه على التوالي مقاومة عيارية ثابتة ومقاومة متغيرة وعمود كهربي



* كيفية التوصيل في الدائرة الكهربية

يوصل طرفي الجهاز بطرفي المقاومة المراد قياس قيمتها R_x

فكرة عمل الأوميتر

العلاقة العكسية بين قيمة المقاومة وشدة التيار المستمر عند ثبوت فرق الجهد تبعاً لقانون أوم $I = \frac{V}{R}$

تركيب الأوميتر

① ميكروأميتر (جلفانومتر) يقرأ $400\,\mu A$ عند نهاية التدريج ومقاومة ملف الجلفانومتر $R_g = 250\,\Omega$.

② مقاومة ثابتة $R_c = 3000\,\Omega$ توصل على التوالي مع الميكروأميتر.

③ مقاومة متغيرة مداها $R_v = 6565\,\Omega$ توصل على التوالي مع الميكروأميتر "للتحكم في شدة التيار المار بالجهاز ليصل مؤشره لنهاية التدريج قبل إدماج أي مقاومة خارجية"

④ عمود جاف $V_B = 1.5\,V$ مهمل المقاومة الداخلية . فلا تتغير شدة التيار أثناء ضبط مؤشر الأوميتر أو أثناء استخدامه. وتكون V_B ثابتة أيضاً حتى تتناسب شدة التيار عكسياً مع المقاومة الكلية .



أسئلة [نظرى]

[1] علل ١- تقعر قطبى المغناطيس الدائم فى الجلفانومتر ذو الملف المتحرك .

* حتى تكون خطوط الفيض بينهما على هيئة أنصاف أقطار وبالتالى فى أى وضع للملف تكون كثافة الفيض ثابتة وخطوط الفيض عمودية على الضلعين الطوليين . وبالتالى تتناسب زاوية إنحراف المؤشر تتناسب طردياً مع شدة التيار المار فى الملف .

٢- تدريج الجلفانومتر ذو الملف المتحرك منتظم وصفر تدريجه فى المنتصف

* التدريج منتظم لأن زاوية الإنحراف تتناسب طردياً مع شدة التيار

* وصفر تدريجه فى المنتصف حتى يمكن تحديد إتجاه التيار .

٣- لا يصلح الجلفانومتر فى قياس شدة التيار المتردد .

* لأن الفيض الناتج عن التيار المتردد يكون متردداً فيتغير إتجاه عزم الإزدواج كل نصف دورة ويمنع القصور الذاتى للملف الإستجابة لهذا التغير فى الترددات العالية .

٤- لا يصلح الجلفانومتر فى قياس شدة التيارات الكهربية العالية .

* لأن ملف الجلفانومتر لا يتحمل التيارات الكهربية العالية فعند مرور تيار كهربى شدته كبيرة فى ملف الجلفانومتر يتحول جزء من الطاقة الكهربية إلى طاقة حرارية قد تؤدى إلى إنصهار الملف . وكذلك يتولد عزم إزدواج كبير قد يؤدى إلى إتلاف الملف .

٥- عند إستخدام الجلفانومتر ذى الملف المتحرك كأميتر توصل مقاومة صغيرة على التوازى مع ملف الجلفانومتر .

* حتى تصبح المقاومة الكلية للأميتر صغيرة فلا تسبب ضعف التيار المراد قياسه ويمر بالمجزئ الجزء الأكبر من التيار وهذا يحمى ملف الجلفانومتر من التلف فيمكن إستخدام الأميتر لقياس تيارات عالية .

٦- يوصل الأميتر على التوالي في الدائرة
* حتى يمر فيه نفس التيار المراد قياسه.

٧- عند استخدام الجلفانومتر ذي الملف المتحرك كفولتميتر توصل مقاومة كبيرة على التوالي مع ملف الجلفانومتر.
* حتى تصبح المقاومة الكلية للفولتميتر كبيرة فلا يسحب جزء كبير من التيار وبالتالي لا يحدث هبوط في فرق الجهد المقاس كما يمكن استخدام الفولتميتر لقياس فروق جهد كبيرة.

٨- يوصل الفولتميتر على التوازي بين طرفي الموصل.
* ليكون فرق الجهد بين طرفي الفولتميتر مساوٍ لفرق الجهد المطلوب قياسه.

٩- تدريج الأوميتر عكس تدريج الأميتر.
* لأن شدة التيار تتناسب عكسياً مع المقاومة الكلية للدائرة فكلما زادت المقاومة المقاسة قلت شدة التيار المار في ملف الجلفانومتر

١٠- تدريج الأوميتر غير منتظم وتدريج الأميتر منتظم.
* لأنه في الأوميتر تتناسب شدة التيار عكسياً مع المقاومة الكلية للدائرة وليس مع المقاومة المجهولة فقط.
- أما في حالة الأميتر تتناسب زاوية الإنحراف طردياً مع شدة التيار.

١١- توصل مقاومة عيارية كبيرة في دائرة الأوميتر.
* لجعل مؤشر الجلفانومتر ينحرف الى نهاية التدريج في حالة عدم وجود مقاومة خارجية. وهو ما يعرف بمعايرة الأوميتر.

2 أذكر الفكرة العلمية (الأساس العلمى) لكل مما يأتى :-

١) الجلفانومتر ذو الملف المتحرك
٢) أميتر التيار المستمر
٣) الفولتميتر

← عزم الإزدواج المؤثر على ملف يمر به تيار كهربى قابل للحركة فى مجال مغناطيسى

٤) مقاومة مضاعف الجهد R_m فى الفولتميتر.

* (توصيل مقاومة كبيرة على التوالى مع ملف الجلفانومتر لتقيس فروق جهد أكبر وزيادة مدى الجهاز)

3 أذكر وظيفة كلاً مما يأتى :-

١) الملفين الزنبركيين فى الجلفانومتر ذو الملف المتحرك.

* يعملا كوصلات لدخول وخروج التيار من الملف وكذلك للتحكم فى حركة الملف - ينشأ عنهما عزم لى يتزن مع عزم الإزدواج عند إستقرار المؤشر - يعملا على عودة المؤشر إلى وضعه الأصلى فى حالة انقطاع التيار.

٢) حوامل العقيق فى الجلفانومتر ذو الملف المتحرك.

- تقليل الإحتكاك وتسهيل حركة الملف.

مسائل (مجاب عنها)

① إحسب حساسية جلفانومتر ذو ملف متحرك ينحرف مؤشره بزاوية $30°$ عند مرور تيار فيه شدته $15 \mu A$.

$\theta = 30°$ $\quad I = 15 \mu A$ (في الجلفانومتر الحساسية θ / I لازم تكون I بالميكرو)

$\because$ حساسية الجلفانومتر $= \frac{\theta}{I} = \frac{30}{15} = 2 \, deg / \mu A$

---

② جلفانومتر ذو ملف متحرك ينحرف مؤشره إلى نصف التدريج عند مرور تيار شدته $200 \mu A$ ، إحسب عدد أقسام تدريج الجلفانومتر إذا علمت أن دلالة القسم الواحد $0.08 mA$.

$\because$ شدة التيار = دلالة القسم الواحد X عدد الأقسام

$\therefore 200 \times 10^{-6} = 0.08 \times 10^{-3} \times \frac{\text{عدد الأقسام}}{2}$

$\therefore$ عدد الأقسام $= \frac{2 \times 200 \times 10^{-6}}{0.08 \times 10^{-3}} = 5$ أقسام

---

③ جلفانومتر مقاومة ملفه 54Ω ينحرف مؤشره إلى نهاية تدريجه عند مرور تيار شدته $1A$ يراد تعديله لقياس تيار شدته $10A$ ، إحسب قيمة مقاومة مجزىء التيار وكيف يتم توصيلها مع ملف الجلفانومتر؟

$R_g = 54 \Omega \quad I_g = 1A \quad I = 10 \quad R_s = ?$

$\because R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$

$\therefore R_s = \frac{1 \times 54}{10 - 1} = 6 \Omega$

(على التوازى مع ملف الجلفانومتر)

٩٧

④ جلفانومتر مقاومة ملفه 0.1Ω ويقرأ عند نهاية تدريجه تيار شدته I_g ، ماقيمة مقاومة مجزئ التيار اللازمة لزيادة قراءته بمقدار 10 أمثال قيمتها ؟

$R_g = 0.1 \quad I_g = I_g \quad R_s = ? \quad I = 10 I_g$

$$\therefore R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{I_g \times 0.1}{10 I_g - I_g} = \frac{0.1}{9} = 0.01\Omega$$

---

⑤ إحسب قيمة مجزئ التيار اللازم لإنقاص حساسية أميتر مقاومته 24Ω إلى الربع ، ومامقدار المقاومة الكلية للأميتر والجزئ معاً ؟

$R_s = ? \quad R_g = 24 \quad I = 4 I_g \quad R'_{\text{توازي}} = ?$

$$\therefore R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{24 I_g}{4 I_g - I_g} = \frac{24}{3} = 8\Omega$$

$R_g = 24\Omega$

$R_s = 8\Omega$

$$R' = \frac{24 \times 8}{24 + 8} = 6\Omega$$

إزاحات

⑥ جلفانومتر مقاومة ملفه 10Ω وأقصى تيار يمكن قياسه بواسطته $40mA$ وصل بمجزئ للتيار R_s ثم وصل في دائرة كهربية تحتوي على مقاومة 8Ω وعمود كهربي قوته الدافعة $1.5V$ ومهمل المقاومة الداخلية ، وعند غلق الدائرة انحرف مؤشر الجلفانومتر إلى $\frac{3}{4}$ تدريجه . احسب قيمة مجزئ التيار .

$R_g = 10\Omega \quad I_g = 40 \times 10^{-3} A \quad R_s = ? \quad (V_B = 1.5 \quad R = 8\Omega)$

$$I_g = 40 \times 10^{-3} \times \frac{3}{4} = 0.03 A$$

$$V_g = I_g R_g = 0.03 \times 10 = 0.3 V$$

$$\therefore V_R = V_B - V_g = 1.5 - 0.3 = 1.2 V$$

$$I = \frac{V_R}{R} = \frac{1.2}{8} = 0.15 A$$

$$\therefore R_s = \frac{V_g}{I - I_g} = \frac{0.3}{0.15 - 0.03} = 2.5\Omega$$

(كتاب مدرسي) مصر ١٩٤٢

⑦ جلفانومتر مقاومته 54Ω إذا وصل بمجزئ تيار (أ) يمر في الجلفانومتر ٠.١ من التيار الكلي - وإذا وصل بمجزئ تيار (ب) فإن التيار الذي يمر في الجلفانومتر يصبح 0.12 من التيار الكلي فما قيمة المقاومتين أ ، ب

$$\because R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$$ *

$$\therefore R_{s_{أ}} = \frac{0.1\,I \times 54}{I - 0.1\,I} = \frac{5.4\,I}{0.9\,I} = 6\Omega$$

$$\therefore R_{s_{ب}} = \frac{0.12\,I \times 54}{I - 0.12\,I} = \frac{81\,I}{11\,I} = 7.36\Omega$$

---

⑧ جلفانومتر إذا وصل بمجزئ تيار ٠.١ أوم يمكن استخدامه لقياس أقصى تيار 5 أمبير وإذا وصل بمضاعف جهد قيمته 187Ω يقيس جهد 45 فولت احسب مقاومته.

$$\because R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g} \rightarrow \therefore 0.1 = \frac{I_g R_g}{5 - I_g} \rightarrow ①$$

$$\because R_m = \frac{V - V_g}{I_g} \rightarrow \therefore 187 = \frac{45 - I_g R_g}{I_g} \rightarrow ②$$

$$\therefore I_g R_g = 0.5 - 0.1\,I_g \quad \text{من } ①$$

$$\therefore I_g R_g = 45 - 187\,I_g \quad \text{من } ②$$

$$\therefore 0.5 - 0.1\,I_g = 45 - 187\,I_g$$

$$\therefore 187\,I_g - 0.1\,I_g = 45 - 0.5$$

$$186.9\,I_g = 44.5$$

$$I_g = 0.238\ A$$

بالتعويض في ① $\therefore 0.238\,R_g = 0.5 - (0.1 \times 0.238)$

$$\therefore R_g = 2\Omega$$

(9) جلفانومتر حساس مقاومة ملفه 4Ω وأقصى تيار يتحمله $1mA$
وصل ملفه على التوازي بمقاومة مقدارها 1Ω ليكونا جهازاً واحداً.
ثم وصل هذا الجزء على التوالي بمقاومة مقدارها 999.2Ω
ليكونا فولتميتر! احسب أقصى فرق جهد يمكن أن يقيسه هذا الفولتميتر.

$R_g = 4 \qquad I_g = 10^{-3} \qquad R_s = 1\Omega$

$R_m = 999.2\,\Omega \qquad V = ?$

$$\therefore R_s = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$$

$$\therefore 1 = \frac{10^{-3} \times 4}{I - (10^{-3})}$$

$$\therefore I - 10^{-3} = 4 \times 10^{-3}$$

$$\therefore I = 0.005A$$

$$R'_{\text{توازى}} = \frac{1 \times 4}{1 + 4} = 0.8$$

$$\therefore V = I(R' + R_m)$$

$$\therefore V = 0.005(0.8 + 999.2) = 5V$$

(10) جلفانومتر يمر به تيار شدته 0.02A ليتحرف مؤشره إلى نهاية التدريج ، و عندئذ يكون الفرق في الجهد بين طرفيه 5V

احسب :- (أ) قيمة المقاومة المضاعفة للجهد التي تجعله صالحاً لقياس فرق جهد قدره 150V .

(ب) مقاومة ملف الجلفانومتر .

$I_g = 0.02\,A \qquad V_g = 5 \qquad R_m = ? \qquad V = 150$

$$\because R_m = \frac{V - V_g}{I_g} = \frac{150 - 5}{0.02} = 7250\,\Omega$$

$$\because V_g = I_g R_g \longrightarrow \therefore R_g = \frac{V_g}{I_g} = \frac{5}{0.02} = 250\,\Omega$$

---

(11) (أزهر ٩٦) فولتميتر مقاومته 500Ω يدل كل قسم من أقسامه على 0.1 V

إشرح كيف يمكن استخدامه ليدل كل قسم من أقسامه على 1V

$R_g = 500 \qquad V = 10\,V_g \qquad R_m = ?$

$$\because R_m = \frac{V - V_g}{I_g} = \frac{V - V_g}{V_g / R_g} = \frac{(V - V_g)\,R_g}{V_g}$$

$$\therefore R_m = \frac{(10\,V_g - V_g) \times 500}{V_g} = \frac{500 \times 9\,V_g}{V_g}$$

$$\therefore R_m = 4500\,\Omega$$

(١٢) جلفانومتر مقاومة ملفه 250Ω ينحرف مؤشره إلى نهاية التدريج عند مرور تيار شدته 400μA يتصل بعمود كهربي قوته الدافعة الكهربية 1.5V ومقاومة ثابتة 3000Ω ومقاومة متغيرة R_v

أوجد :- أ- قيمة المقاومة المأخوذة من المقاومة المتغيرة ليتم تحويل الجلفانومتر إلى أوميتر.

ب- قيمة المقاومة التي إذا وصلت بطرفي الأوميتر تجعل المؤشر ينحرف إلى ربع تدريجه.

$R_g = 250 \qquad I_g = 400 \times 10^{-6} \qquad V_B = 1.5 \qquad R = 3000$

$R_v = ? \qquad [R_x = ? \rightarrow I = \frac{1}{4} I_g$

$$\because I_g = \frac{V_B}{R_g + R_c + R_v}$$

$$400 \times 10^{-6} = \frac{1.5}{250 + 3000 + R_v}$$

$$\therefore R_v = 500\ \Omega$$

$$* \quad \frac{I_g}{4} = \frac{V_B}{3750 + R_x}$$

$$\frac{400 \times 10^{-6}}{4} = \frac{1.5}{3750 + R_x}$$

$$R_x = 11250\ \Omega$$

(١٣) من الدائرة الموضحة للأوميتر وما عليها من بيانات

$400\mu A$, 250Ω, 6565Ω, 3000Ω, $1.5V$, طرفا التوصيل

* وضح الغرض من وجود المقاومة المتغيرة وأحسب القيمة المأخوذة منها لتحقيق هذا الغرض . (أجب بنفسك)

---

(١٤) أوميتر ينحرف مؤشره إلى $\frac{1}{4}$ تدريجه عندما توصل معه مقاومة 300Ω . احسب المقاومة التي تجعل مؤشره ينحرف إلى $\frac{1}{6}$ تدريجه .

$$\because I = \frac{V_B}{R' + R_x} \quad , \quad \because I_g = \frac{V_B}{R'}$$

$$\therefore \frac{1}{4} I_g = \frac{1}{4} \frac{V_B}{R'} = \frac{V_B}{R' + R_x}$$

$$\therefore \frac{V_B}{4R'} = \frac{V_B}{R' + 300}$$

$$\boxed{\therefore R' = 100\Omega}$$

$$\because \frac{V_B}{6R'} = \frac{V_B}{R' + R_x}$$

$$\therefore \frac{1}{6 \times 100} = \frac{1}{100 + R_x}$$

$$\boxed{\therefore R_x = 500\Omega}$$

تدريبات واجب

1 ماذا نعني بقولنا أن

① مضاعف الجهد للفولتميتر = 100Ω

② حساسية الجلفانومتر = $0.6\ deg/\mu A$

2 علل

① يوصل الأميتر على التوالي في الدائرة.

② يرتكز ملف الجلفانومتر على حوامل من العقيق.

③ يجب أن تكون القوة الدافعة الكهربية للعمود المتصل بالأوميتر ثابتة.

3 اشرح الفكرة العلمية لـ :-

① الفولتميتر ② أميتر التيار المستمر ③ قياس مقاومة باستخدام الأوميتر.

4 ما النتائج المترتبة على كل مما يأتي :

١- صغر مقاومة مجزئ التيار المتصل بالجلفانومتر بالنسبة لحساسية الجهاز.

٢- مرور تيار متردد داخل ملف الجلفانومتر.

٣- عدم وجود مقاومة متغيرة في دائرة الأوميتر.

5 ما أهمية كل مما يأتي

١- مقاومة مضاعف الجهد في الفولتميتر.

٢- المقاومة العيارية في الأوميتر.

٣- القطبين المغناطيسيين المقعرين في الجلفانومتر ذو الملف المتحرك.

6 مسائل :-

① جلفانومتر ذو ملف متحرك لا يتحمل ملفه تياراً أكبر من $500\mu A$ وينحرف مؤشره إلى نهاية تدريجه في حالة وجود فرق جهد بين طرفيه $0.04V$ فكيف يمكن تحويله لأميتر يقيس تيار شدته $500mA$ ؟

---

② دائرة كهربية بها مقاومة ثابتة 6Ω وصل بين طرفي المقاومة فولتميتر مقاومته 30Ω وعندما مر تيار كهربي شدته $0.2A$ انحرف مؤشر الفولتميتر إلى نهاية التدريج فإذا وصلت مقاومة تساوي 144Ω على التوالي مع الفولتميتر ومر بالدائرة نفس التيار ، فما قراءة مؤشره ؟ وما أقصى قيمة لفرق الجهد الذي يمكن أن يقيسه الجهاز في هذه الحالة ؟

---

③ جلفانومتر ذو ملف متحرك مقاومة ملفه 18 أوم احسب :-

أ - قيمة مقاومة مجزئ التيار التي تسمح بمرور $\frac{1}{3}$ التيار الكلي في ملف الجلفانومتر .

ب - قيمة مقاومة مضاعف الجهد التي تجعل الجلفانومتر صالحاً لقياس فرق الجهد يساوي عشرة أمثال فرق الجهد بين طرفي ملفه .

---

④ يبين الشكل المقابل ؛ أقسام متساوية على تدريج جهاز الأوميتر ، استخدم البيانات المدونة لإيجاد

